

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**НОВІКОВА ТЕТЯНА ПЕТРІВНА**

**УДК 579.262:633.35:661.162.6**

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ОБҐРУНТУВАННЯ СИМБІОЗУ *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM***  
***BIOVAR VICEAE* – *LENS CULINARIS* МЕДІК. ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ**  
**ПРЕПАРАТІВ**

03.00.07 – мікробіологія

20 – аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Т. П. Новікова

Науковий керівник – Карпенко Віктор Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор

УМАНЬ – 2020

## АНОТАЦІЯ

Новікова Т. П. Обґрунтування симбіозу *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. за дії біологічних препаратів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія. – Уманський національний університет садівництва. Умань. 2020.

У вступній частині обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено аналіз літературних джерел вітчизняних і зарубіжних авторів з вивчення впливу різних норм і способів застосування мікробних препаратів, регуляторів росту рослин на функціонування симбіотичної системи бобових рослин, мікробіологічні процеси в ґрунті та фізіолого-біохімічні зміни в рослинах сільськогосподарських культур, у тому числі й сочевиці; розглянуто вплив мікробних препаратів, регуляторів росту рослин на формування врожаю, його якості та економічної ефективності.

На підставі аналізу наукової літератури показано подальшу необхідність дослідження комплексної дії мікробних препаратів і регуляторів росту рослин на функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., що й визначило основні напрями досліджень за темою дисертаційної роботи.

У результаті проведених вегетаційних і польових досліджень встановлено, що кількість і маса бульбочок на кореневій системі сочевиці та залежність їх формування від роздільного та комплексного використання мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант. Зокрема, за обробки насіння сочевиці перед сівбою МБП (Фон II) кількість і маса бульбочок зросли у відношенні до контролю в 2,2 і 3,6 рази відповідно. За поєднаного використання для

обробки насіння сочевиці перед сівбою МБП і РРР (Фон ІІІ) зростання кількості і маси бульбочок до контролю склало 2,9 і 4,1 рази. Проте, найвищі кількісно-вагові показники у формуванні симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* були відмічені у варіанті досліді із обприскуванням посівів регулятором росту рослин Регоплант на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту. Таке поєднання препаратів забезпечило збільшення числа бульбочок у фазі бутонізації сочевиці у 2014 р. до контролю у 3,2 а їх маси – у 4,3 рази. Подібні тенденції у формуванні кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці були відмічені в 2018 і 2019 рр., хоча в ці роки досліджувані показники були нижчими, ніж у 2014 р., що свідчить про залежність їх формування від погодних умов, зокрема – вологозабезпеченості.

Також, слід відмітити, що кількісно-вагові показники симбіотичного апарату сочевиці залежали від фази розвитку рослин та наростали, починаючи від фази бутонізації до початку наливу бобів. У середньому за фазами розвитку культури та роками досліджень найактивніше формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. відбувалось у варіанті досліді із передпосівною обробкою насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням у посівах РРР Регопланту, де перевищення до контролю за кількістю і масою бульбочок складало 2,3–3,9 і 3,4 і 4,4 рази відповідно.

Встановлено, що з поміж досліджуваних фаз розвитку культури, найвищу чисельність бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці було відмічено у фазу цвітіння). Так, у варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість азотфіксувальних бактерій у середньому за роки досліджень у фазу цвітіння зростала у порівнянні з контролем на 58%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 64%.

Отже, найоптимальнішою за впливом на чисельність у бульбочках сочевиці бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* виявилась композиція препаратів МБП і РРР – обробка перед сівбою насіння даною сумішшю з наступним обприскуванням по даному фону посівів РРР.

Ефективність функціонування симбіотичної системи бобових рослин, у тому числі *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medic., залежить від наявності в бульбочках леггемоглобіну. У результаті виконаного дослідження встановлено, що найвищим вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці був у фазу цвітіння.

Так, за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 як самотійно, так і в комплексі з РРР Регоплант, вміст леггемоглобіну в бульбочках сочевиці зростав і перевищував показник у контролі в середньому на 3,1–5,3 мг/г сирої речовини для 2014 р.; 3,2–3,7 мг/г – для 2018 р. та – 3,7–5,9 мг/г сухої речовини для 2019 р. досліджень. У середньому за роки досліджень у фазу цвітіння найвищий вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці сорту Лінза було відмічено у варіанті посходового внесення Регопланту по фону обробки насіння сумішшю регулятора росту рослин з мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, де перевищення до варіанту без застосування препаратів складало 5,0 мг/г сирої речовини.

У фазі утворення бобів у варіантах досліду було відмічено зниження вмісту леггемоглобіну в бульбочках сочевиці, що, вочевидь, є результатом можливого руйнування гемового ядра леггемоглобіну та перетворенням його у зелений пігмент холіглобін.

За узагальненими показниками чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці та вмістом у них леггемоглобіну встановлено середній прямий кореляційний зв'язок ( $r = 0,38$ ).

У результаті аналізу зразків рослин сочевиці (більше 100), що не інокулювалися МБП, вирощених в умовах дослідного поля УНУС, з відносно великою кількістю бульбочок на корінні рослин, нами було виділено три

потенційні штами *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* з робочими назвами Т1, Т2 і Т3.

Дослідження та вивчення виділених штамів виконували у вегетаційних та лабораторних умовах і порівнювали з штамами *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та 724. У результаті було відібрано штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* Т2, що нині депонований у депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під № ІМВ В-7837 (патент на корисну модель №142382).

Даний штам упродовж вегетації сочевиці формував більшу кількість бульбочок – 37 шт. (виробничий 724 – 31 шт.); вміст леггемоглобіну – 5,36 при 2,79 мг/г сирової маси бульбочок у штаму 724. У виробничих посівах надбавка урожаю зерна сочевиці до контролю (без інокуляції) за використання штаму *Rhizobium leguminosarum biovar* ІМВ В-7837 склала 0,36 т/га, при цьому азотфіксувальна активність перевищувала штам 724 у 1,6 рази. Застосування нового штаму *Rhizobium leguminosarum biovar* ІМВ В-7837 для передпосівної обробки насіння сочевиці забезпечило високі показники росту й розвитку та формування продуктивності рослин сочевиці у порівнянні з іншими досліджуваними штамми.

Встановлено, що залежно від комбінування досліджуваних препаратів та фаз розвитку культури у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium*, проте у всіх варіантах досліду їх чисельність зростала, що може бути свідченням продукування рослинами під дією біологічних препаратів більшої кількості ексудатів, які мають безпосередній вплив на розвиток ризосферної мікробіоти, у тому числі й вищезазначених родів. Так, у варіантах досліду за роздільного і комплексного використання МБП і РРР кількість оброслих грудочок ґрунту колоніями бактерій роду *Azotobacter* у середньому за три роки за фазами розвитку культури зростала до контролю на 4–11%, а чисельність бактерій роду *Clostridium* – 45–157%.

За результатами вегетаційного дослідження встановлено, що за роздільного та комплексного використання МБП і РРР загальна чисельність бактерій у ризосфері сочевиці зростала на 18–61%, мікроміцетів – 12–52%, актиноміцетів – 25–48% до контролю відповідно. Вочевидь, це обумовлено як покращенням процесу азотного обміну в рослинах завдяки життєдіяльності бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, як наслідок – виділенням у ризосферу більшої кількості ексудатів, так і наростанням додаткової площі кореневої системи, необхідної для живлення мікроорганізмів, внаслідок стимуляції ростових процесів з боку РРР.

Подібні дані були одержані і в польових умовах, де найактивніший розвиток мікробіоти простежувався у варіантах із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1,0 л/т) разом із РРР Регоплант (250 мл/т): перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 57–60% – для бактерій; 56–57% – мікроміцетів; 29–51% – актиноміцетів.

Дане комбінування досліджуваних препаратів також забезпечило активізацію розвитку в ризосфері сочевиці окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів – амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних, чисельність яких в середньому за роками та фазами розвитку культури перевищувала контроль на 31–64%. Очевидно, що це пов'язано з комплексною дією кількох чинників, зокрема: стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок покращення азотного живлення рослин з боку життєдіяльності бульбочкових бактерій; посиленням ростових процесів рослин (збільшенням надземної маси та кореневої системи), обумовлених як активізацією обмінних процесів у рослинах, так і безпосереднім стимулювальним впливом на рослинний організм складових РРР Регоплант; активізацією виділення в прикореневу зону рослин ексудатів, які слугують важливим чинником розвитку ризосферної мікробіоти.

За результатами вегетаційного дослідження встановлено, що активність ґрунтових ферментів змінювалась у залежності від комбінування досліджуваних препаратів. Зокрема, за внесення у посівах сочевиці Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом 250 мл/т спостерігалось зростання показників активності каталази на – 29%, інвертази – 17% і протеази – 47%.

Найвищу ферментативну активність ґрунту було відмічено у варіанті посходового застосування Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП + Регоплант, де показник активності каталази перевищував контроль на 48%, інвертази та протеази – 29% і 67% відповідно. Очевидно, це може бути пов'язано зі зростанням активності ґрунтової мікробіоти у ризосфері сочевиці та окремих її фізіологічних груп, адже збільшення числа ризосферних мікроорганізмів є одним із чинників активізації трансформаційних процесів, у тому числі й ферментативних.

Подібну залежність було відмічено і в польових умовах дослідження, проте ферментативна активність ґрунту залежала від погодних умов у роки досліджень, фаз розвитку культури та комбінування досліджуваних препаратів.

У середньому за роки досліджень найвища активність ґрунтових ферментів була відмічена у фазу цвітіння сочевиці. Так, обробка насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 стимулювала на 30,9% – активність каталази, 55,9% – протеази, 14,0% – інвертази. Передпосівна обробка насіння сумішшю мікробного препарату з регулятором росту рослин забезпечила зростання активності ферментів ґрунту на 24,3% – для інвертази, на 19,1% – каталази та на 58,8% – для протеази. Найвищі показники активізації ґрунтових ферментів склалися у посівах сочевиці за посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га по фону III, зокрема перевищення до контролю для протеази становило 73,5%, інвертази і каталази – 28,9 і 62,5% відповідно, що узгоджується із високою чисельністю загальної мікробіоти ризосфери та окремих її фізіологічних груп (коефіцієнт

кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту складав  $r = 0,67$ ).

З'ясовано, що найбільшу висоту рослини сочевиці мали у фазу утворення бобів, а площу листкового апарату – у фазу цвітіння. Так, у варіанті з обробкою перед сівбою насіння МБП висота рослин перевищувала контроль на 13%, за обробки насіння сумішшю МБП і РРР – 15%, а за обробки насіння сумішшю МБП і РРР та внесення у посівах РРР – 19%.

Стосовно формування площі листкового апарату сочевиці, то у фазу цвітіння у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і РРР вона перевищувала контроль на 20%, а за внесення по даному фону РРР – 23%.

Одержані дані дають підставу констатувати, що активізація ростових процесів сочевиці зумовлювалась інтенсифікацією проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів за дії РРР Регоплант на фоні покращення забезпечення рослин доступними формами азоту завдяки інокуляції азотфіксувальними мікроорганізмами *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29.

Встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках сочевиці був найбільшим за досліджуваними роками і фазами розвитку культури – у фазу цвітіння у 2014 р.

Зокрема, за передпосівної обробки насінневого матеріалу Регоплантом показники суми хлорофілів  $a+b$  та каротиноїдів у фазу цвітіння сочевиці перевищували контроль на 3 і 12%, а за інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 – на 7 і 17% відповідно. Водночас, у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і Регоплантом перевищення до контролю становило 12% для суми хлорофілів та 24% – для каротиноїдів, що було вищим за відповідні показники у варіанті самостійної обробки насіння регулятором росту рослин на 9 і 10%, а до варіанту із самостійною обробкою мікробним препаратом – на 4 і 6% відповідно.



У варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту вміст суми хлорофілів перевищував контроль на 21%, каротиноїдів – 31%, що було більшим за відповідні показники у фазі бутонізації рослин на 87 і 67% відповідно.

У середньому за роки досліджень у всі досліджувані фази розвитку сочевиці спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів: хлорофілу *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів, що в середньому перевищувало контроль на 19–68% – для хлорофілу *a*, 24–70% – для хлорофілу *b*, 21–68% – для суми *a+b*, 23–97% – каротиноїдів.

Встановлено, що комплексне використання РРР і МБП у посівах сочевиці позитивно вплинуло на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів, на фоні яких активізувалось наростання листкового апарату рослин сочевиці та проходження в них фотосинтетичних процесів. У середньому за роки досліджень найвищі показники ЧПФ формувалися у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» у варіанті за передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 з регулятором росту рослин Регоплант за наступного посходового внесення РРР Регоплант, що перевищувало контрольний показник на 16%.

Встановлено, що урожайність сочевиці формувалась залежно від погодних умов та комбінування досліджуваних препаратів: найвищою вона була у варіантах досліду у 2014 р., дещо нижчою – у 2018 і 2019 рр. Так у 2014 році за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Регоплант урожайність перевищувала контроль на 6%, мікробним препаратом – 16%, їх сумішшю – 23%. Обприскування посівів Регоплантом забезпечило перевищення контролю за урожайністю на 4%. У варіанті внесення регулятора росту рослин по фону II урожайність сочевиці перевищувала варіант без обробки препаратами на 19%, по Фоні III – 32%.

У середньому за роки досліджень найвища урожайність сочевиці формувалась у варіантах досліду із внесенням Регопланту по фоні обробки сумішшю мікробного препарату і регулятора росту рослин, де перевищення до контролю складало 0,44 т/га.

Дана композиція препаратів забезпечила зростання якісних показників зерна сочевиці: збільшення на 6% показника маси 1000 зерен, 4% – натурі і 1,4% – вмісту в зерні білка.

Результати проведеної економічної оцінки використання препаратів у посівах сочевиці показали, що найбільш економічно вигідним було застосування в посівах сочевиці композиції МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 1,0 л/т + РРР Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га, яка забезпечила зростання рівня рентабельності до 206% при 165% у контролі за додаткового чистого прибутку 3513 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1.

**Ключові слова:** симбіотична система *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., мікробний препарат, регулятор росту рослин, ризосферна мікробіота сочевиця.

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 56–62.
2. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. №2. С. 39–44.
3. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 7 (80). С. 41–47.

4. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Agrology*. Дніпро. 2019. № 2 (3). С. 146–150.

5. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34.

*Патент на корисну модель*

6. Новікова Т. П., Карпенко В. П., Коць С. Я., Воробей Н. А., Калініченко А. В., Петриченко В. Ф., Гнатюк Т. Т., Житкевич Н. В., Патица В. П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019; Опубл. 10.06.2020. Бюл. № 11. 3 с.

*Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

7. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаніонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. С. 98–100.

8. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.

9. Новікова Т. П. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 39–40.

10. Новікова Т. П., Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній науковій конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

11. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.

12. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.

## ABSTRACT

*Novikova T. P.* Rationale for the symbiosis of *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. under the action of biological preparations. – Qualification scientific work with the manuscript copyright.

The thesis for Candidate of Agricultural Sciences in specialty 03.00.07 – Microbiology. – Uman National University of Horticulture. Uman. 2020.

The introductory part substantiates the relevance of the topic, formulates the purpose and objectives, defines the object and subject of the study, and highlights the scientific novelty and practical significance of the results.

The first chapter presents the analysis of literature sources of domestic and foreign authors studying the impact of different norms and methods of microbial preparations, plant growth regulators on the functioning of the symbiotic system of leguminous plants, microbiological processes in soil and physiological and biochemical changes in crops, including lentils; the influence of microbial preparations, plant growth regulators on crop formation, its quality and economic efficiency is considered.

Based on the analysis of the scientific literature, the further necessity of studying the complex action of microbial preparations and plant growth regulators on the functioning of the symbiotic system *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. has been shown, which determined the main directions of the study on the topic of the thesis.

As a result of vegetation and field studies it was found that the number and weight of bulbils on the root system of lentils and dependence of their formation on separate and complex use of the microbial preparation *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 and plant growth regulator Regoplant. In particular, during the treatment of lentil seeds before sowing with MBP (Background II), the number and weight of bulbils increased in relation to the control by 2,2 and 3,6 times, respectively. When combined application of BMP and PGR for the treatment of lentil seeds before sowing (Background III), the increase in the number and weight of bulbils before control was 2,9 and 4,1 times. However, the highest quantitative and weight indicators in the formation of the symbiotic apparatus *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* were marked in the experiment with spraying crops with plant growth regulator Regoplant on the background of pre-sowing seed treatment with a mixture of microbial preparation and Regoplant. Such combination of the preparations provided an increase in the number of bulbils in the budding phase of lentils in 2014 before control by 3,2, and their weight – by 4,3 times. Similar tendencies in the formation of the number and weight of bulbils on the root system of lentils were marked in 2018 and 2019, although the studied indicators were lower in these years than in 2014, which indicates the dependence of their formation on weather conditions, in particular – moisture.

Also, it should be noted that quantitative and weight indicators of the symbiotic apparatus of lentils depended on the phase of plant development and increased from the budding phase to the beginning of the filling of beans. On average, according to the phases of culture development and years of the study, the most active formation of the symbiotic apparatus *Rhizobium leguminosarum*

*biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. took place in the experiment with pre-sowing treatment of seeds with a mixture of microbial preparation *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 and plant growth regulator Regoplant followed by the introduction of PGR Regoplant in crops, where the excess before control in the quality and weight of bulbils was 2,3–3,9 and 3,4 and 4,4 times, respectively.

It was found that among the studied phases of the culture development, the highest number of bacteria *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* in lentil bulbils was observed in the flowering phase. Thus, in the variant with the use of MBP for seed treatment followed by post-emergence application of PGR Regoplant, the quantity of nitrogen-fixing bacteria on average over the years of the study in the flowering phase increased compared to control by 58%, while in the variant using the same preparations for seed treatment followed by spraying crops by Regoplant – 64%.

Thus, the composition of MBP and PGR preparations was the most optimal in terms of the effect on the number of *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* in lentil bulbils – treatment before sowing of seeds with this mixture followed by spraying crops with PGR on this background.

The efficiency of the symbiotic system of legumes, including *Rhizobium leguminosarym biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., depends on the presence of hemoglobin in the bulbils. As a result of the study, it was found that the highest content of leghemoglobin in lentil bulbils was in the flowering phase.

Thus, with the use of MBP *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 both alone and in combination with PGR Regoplant, the content of leghemoglobin in lentil bulbils increased and exceeded the control by an average of 3,1–5,3 mg/g of crude substance for 2014; 3,2–3,7 mg/g – for 2018 and 3,7–5,9 mg/g of dry substance for 2019 studies. On average, over the years of the study in the flowering phase, the highest content of leghemoglobin in the lentil bulbils of Linza variety was observed in the variant of stepwise application of Regoplant on

the background of seed treatment with a mixture of plant growth regulator with microbial preparation *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, where the excess before the variant without the application of preparations was 5,0 mg/g of crude substance.

In the phase of bean formation in the variants of the experiment, a decrease in the content of leghemoglobin in the lentil bulbils was observed, which is obviously the result of possible destruction of the heme nucleus of leghemoglobin and its transformation into the green pigment chloiglobin.

According to the generalized indicators of the number of nitrogen-fixing bacteria in the lentil bulbils and the content of leghemoglobin in it, the average direct correlation was established ( $r = 0,38$ ).

As a result of the analysis of samples of lentil plants (more than 100) that were not inoculated with MBP, grown in the experimental field of USUH, with a relatively large number of bulbils on the roots of plants, we identified three strains of *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* with working names T1, T2 and T3.

Exploring and studying of certain strains was performed in vegetation and laboratory conditions and compared with strains of *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 and 724. As a result, the strain *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* T2 was selected, which is now deposited in the depository of D. K. Zabolotnyi Institute of Microbiology and Virology of NASU with the number IMB B-7837 (utility patent model модель №142382).

This strain during the growing season of lentils (phases of budding, flowering and formation of beans) formed a larger number of bulbils (37); production 724 – 31, respectively; the content of leghemoglobin is 5,36 and 2,79 mg/g of raw mass of bulbils. In industrial crops, the increase in lentil grain yield when inoculated with strain *Rhizobium leguminosarum biovar* IMB B-7837 was 0,36 t/ha, while nitrogen-fixing activity exceeded strain 724 by 1,6 times. The use of a new strain of *Rhizobium leguminosarum biovar* IMB B-7837 for pre-sowing treatment of lentil seeds provided high rates of growth and development and formation of productivity of lentil plants in comparison with other studied strains.

It was found that depending on the combination of studied preparations and phases of the culture development in the rhizosphere of lentils, changes in the number of associative nitrogen-fixing microorganisms of the genera *Azotobacter* and *Clostridium* were observed, but in all variants of the experiment their number increased, which may indicate the production by plants under the action of biological preparations of a larger number of exudates that have a direct impact on the development of the rhizosphere microbiota, including the above genera. Thus, in the variants of the experiment with separate and complex use of MBP and PGR, the number of overgrown lumps of soil with colonies of bacteria of the genus *Azotobacter* on average over three years during the phases of culture growth increased before control by 4–11%, and the number of bacteria of the genus *Clostridium* – 45–157%.

According to the results of the vegetation experiment, it was found that with separate and complex use of MBP and PGR, the total number of bacteria in the rhizosphere of lentils increased by 18–61%, micromycetes – 12–52%, actinomycetes – 25–48% before control, respectively. Apparently, this is due to both the improvement of nitrogen metabolism in plants due to the activity of bacteria *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, as a consequence – the release of more exudates into the rhizosphere, and an increase in the additional root system required to feed microorganisms due to stimulation.

Similar data was obtained in the field too, where the most active development of the microbiota was observed in variants with complex application of PGR Regoplant 50 ml/ha on the background of pre-sowing treatment of seeds with MBP *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 (1,0 l/t) together with PGR Regoplant (250 ml/t): the excess before control on average over the years and phases of the development was 57–60% – for bacteria; 56–57% – micromycetes; 29–51% – actinomycetes.

This combination of studied preparations also intensified the development of certain ecological and trophic groups of microorganisms in the rhizosphere of



lentils – ammonifying, nitrifying and cellulolytic, the number of which on average over the years and phases of culture exceeded control by 31–64%. Obviously, this is due to the complex action of several factors, in particular: stimulating passing of physiological and biochemical processes in plants, including photosynthetic ones by improving nitrogen nutrition of plants by the activity of bulbils bacteria; strengthening of growth processes of plants (increase of above-ground mass and root system), caused both by activation of metabolic processes in plants, and direct stimulating influence on a plant organism of components PGR Regoplant components; activation of exudates in the root zone of plants, which are an important factor in the development of the rhizosphere microbiota.

According to the results of vegetation experiment, it was found that the activity of soil enzymes varied depending on the combination of the studied preparations. In particular, the application of Regoplant in lentils crops 50 ml/ha against the background of pre-sowing treatment of seeds with Regoplant 250 ml/t showed an increase in catalase activity by 29%, invertase – 17% and protease – 47%.

The highest enzymatic activity of the soil was observed in the variant of post-rising application of Regoplant 50 ml/ha against the background of pre-sowing seed treatment with a mixture of MBP + Regoplant, where catalase activity exceeded control by 48%, invertase and protease – 29% and 67%, respectively. Obviously, this may be due to an increase in the activity of the soil microbiota in the rhizosphere of lentils and its individual physiological groups, because the increase in the number of rhizosphere microorganisms is one of the factors activating transformation processes, including enzymatic ones.

A similar dependence was observed in the field conditions of the experiment, but the enzymatic activity of the soil depended on weather conditions during the study years, phases of the culture development and combination of the studied preparations.

On average, over the years of the study, the highest activity of soil enzymes

was observed in the flowering phase of lentils. Thus, treatment of seeds with MBP *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 stimulated by 30.9% – catalase activity, 55.9% – protease, 14.0% – invertase. Pre-sowing treatment of seeds with a mixture of microbial preparation with plant growth regulator provided an increase in the activity of soil enzymes by 24.3% – for invertase, by 19.1% – catalase and 58.8% for protease. The highest rates of activation of soil enzymes were in lentil crops with post-rising seed application of PGR Regoplant 50 ml/ha on the background III, in particular the excess before the control for protease was 73.5%, invertase and catalase – 28.9 and 62.5%, respectively, which is consistent with a high number of the total microbiota of the rhizosphere and its certain physiological groups (the correlation coefficient between the generalized indicators of the number of microbiota and the enzymatic activity of the soil was  $r = 0,67$ ).

It was found that the lentils had the greatest height in the phase of bean formation, and the area of the leaf apparatus – in the flowering phase. Thus, in the variant with treatment of seeds with MBP before sowing, plant height exceeded the control by 13%, with seed treatment with MBP and PGR mixture – 15%, and with seed treatment with the mixture MBP and PGR and introduction of PGR in crops – 19%.

Regarding the formation of the area of the leaf apparatus of lentils, it exceeded the control by 20%, and with application of PGR in this background – 23% in the flowering phase in the version with complex pre-sowing seed treatment with MBP and PGR.

The obtained data give grounds to state that the activation of lentil growth processes was conditioned by the intensification of basic physiological and biochemical processes in plants under the action of PGR Regoplant against the background of improving the provision of plants with available forms of nitrogen due to inoculation with nitrogen-fixing microorganisms *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29.

It was found that the content of photosynthetic pigments in lentil leaves was

the highest in the studied years and phases of the culture development in the flowering phase in 2014.

In particular, during pre-sowing treatment of seed material with Regoplant, the amount of chlorophyll  $a + b$  and carotenoids in the flowering phase of lentils exceeded control by 3 and 12%, and during inoculation with microbial preparation *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 – by 7 and 17%, respectively. At the same time, in the variant with complex pre-sowing seed treatment with MBP and Regoplant, the excess before control was 12% for the amount of chlorophyll and 24% – for carotenoids, which was higher than the corresponding indicators in the variant of self-seed treatment by plant growth regulator by 9 and 10%, and before the variant with independent processing by a microbic preparation – by 4 and 6%, respectively.

On average, over the years of the study in all studied phases of lentil development there was an increase in the content of pigments in the leaves: chlorophyll  $a$ ,  $b$ , their sum and carotenoids, which on average exceeded the control by 19–68% – for chlorophyll  $a$ , 24–70% – for chlorophyll  $b$ , 21–68% – for the sum of  $a + b$ , 23–97% – carotenoids.

It was found that the complex use of PGR and MBP in lentil crops had a positive effect on the basic physiological and biochemical processes, against which the growth of the leaf apparatus of lentil plants and passing of photosynthetic processes in them intensified. On average, over the years of the study, the highest indicators of net productivity of photosynthesis were formed in the interphase period of “flowering-formation of beans” in the variant of pre-sowing seed treatment with a mixture of microbial preparation *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 with plant growth regulator Regoplant, which exceeded the control indicator by 16%.

It was found that the yield of lentils was formed depending on weather conditions and the combination of studied preparations: the highest was in the variants of the experiment in 2014, slightly lower – in 2018 and 2019. Thus, in

2014 with pre-sowing seed treatment with plant growth regulator Regoplant the yield exceeded the control by 6%, with microbial preparation – by 16%, with their mixture – by 23%. Spraying crops with Regoplant allowed the yield exceedance of the control by 4%. In the variant of introduction of the plant growth regulator according on the background II, the yield of lentils exceeded the variant without treatment with the preparations by 19%, on the background III – 32%.

On average, over the years of the study, the highest yield of lentils was formed in the variants of the experiment with the introduction of Regoplant on the background of treatment with a mixture of microbial preparation and plant growth regulator, where the excess to control was 0,44 t/ha.

This composition of preparations allowed an increase in the quality of lentil grains: an increase of 6% in the mass of 1000 grains, 4% – nature and 1,4% – protein content in the grain.

The results of the economic evaluation of the use of preparations in lentil crops showed that the most cost-effective was the use of the complex MBP *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29 1.0 l/t + PGR Regoplant 250 ml/t + Regoplant 50 ml/ha, which allowed an increase in the level of profitability to 206% with 165% in the control with additional net profit 3513 UAH/ha and efficiency ratio 3,1.

**Key words:** symbiotic system *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., microbial preparation, plant growth regulator, rhizosphere microbiota, lentils.

## BIBLIOGRAPHY ON THE THESIS

*Publications representing the main scientific results of the thesis:*

1. Karpenko V. P., Prytuliak R. M., Novikova T. P. The activity of microbiota in the rhizosphere of lentils under the action of biological preparations. Tavriia scientific bulletin. Kherson. 2018. Issue 103. P. 56–62.
2. Karpenko V. P., Novikova T. P., Prytuliak R. M. Formation of

symbiotic apparatus of lentils under the action of biological preparations. Bulletin of UNUH. Uman. 2018. №2. P. 39–44.

3. Karpenko V. P., Novikova T. P., Prytuliak R. M., Hnatiuk M. H. The content of pigments in lentil leaves under the action of biological preparations. Scientific Horizons. Zhytomyr. 2019. №7 (80). P. 41–47.

4. Karpenko V. P., Novikova T. P., Prytuliak R. M. The number of separate ecological and trophic groups of microorganisms in the rhizosphere of lentils under the action of biological preparations. Agrology. Dnipro. 2019. №2 (3). P. 146–150.

5. Novikova T. P. Photosynthetic productivity of lentil crops under the action of biological preparations. Scientific Horizons. Zhytomyr. 2019. №10 (83). P. 28–43.

#### *Utility model patent*

6. Novikova T. P., Karpenko V. P., Kots S. Ya., Vorobei N. A., Kalinichenko A. V., Petrychenko V. F., Hnatiuk T. T., Zhutkevych N. V., Patyka V. P. Utility model patent №142382 “Strain *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* IMB B-7837 as the basis of bacterial fertilizer to increase yield and quality of lentil grain”. Filed 25.02.2019; Published 10.06.2020. Bulletin №11. 3 p.

#### *Publications confirming the approbation of the thesis materials*

7. Karpenko V. P., Novikova T. P. Prospects for the use of biological preparations in lentil crops: Ternopil biological readings – Ternopil Bioscience – 2018: Proceedings of All-Ukrainian scientific-practical conference, dedicated to 20<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Holytskyi Botany and Entomology Preserve of Ternopil Volodymyr Hnatiuk Pedagogical University (Ternopil, April 19–20, 2018). Ternopil. 2018. P. 98–100.

8. Karpenko V. P., Novikova T. P. Enzymatic activity of soil in lentil crops under the action of preparations of biological origin. Proceedings of the XIII Scientific Conference of Young Scientists “Microbiology in modern agricultural production”, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the National Academy of

Agrarian Sciences of Ukraine. Chernihiv. 2018. P. 84–85.

9. Novikova T. P. Microbiological activity of soil in lentil crops under the action of preparations of biological origin. Proceedings of All-Ukrainian Conference of Young Scientists (Uman, May 15–16, 2018) Uman.2018. P. 39–40.

10. Novikova T. P., Karpenko V. P. Formation of symbiotic apparatus of lentils under the action of biological preparations. Proceedings of the XV International Scientific Conference “Youth and Progress in Biology”, dedicated to the 135<sup>th</sup> anniversary of the birth of Jakub Parnas. Lviv. 2019. P. 122–123.

11. Karpenko V. P., Novikova T. P. Chlorophyll content in lentil leaves under the action of biological preparations. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference “Prospective Ways to Develop Scientific Knowledge”. Kyiv. 2019. P. 52–53.

12. Karpenko V. P., Novikova T. P. Yield of lentils under the action of biological preparations. Proceedings of All-Ukrainian Scientific Internet Conference “Modern Problems of Biology”. Uman. 2020. P. 19–20.

## ЗМІСТ

<b>УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ</b> .....	26
<b>ВСТУП</b> .....	27
<b>РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ «RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM – БОБОВА КУЛЬТУРА» ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)</b> .....	35
1.1. Функціонування симбіотичного апарату бобових культур, у тому числі й <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae – Lens culinaris</i> Medik., за дії біологічних препаратів .....	35
1.2. Формування мікробних угруповань посівів бобових культур за дії біологічних препаратів різного господарського призначення.....	40
1.3. Спрямованість проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і продуктивність посівів бобових культур, у тому числі й сочевиці, залежно від мікробіологічної активності в ґрунті на фоні використання біологічних препаратів.....	44
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	50
2.1. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови.....	50
2.2. Схема досліду та методика проведення досліджень.....	55
<b>РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM BIOVAR VICEAE – LENS CULINARIS MEDIK. ТА МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН</b> .....	62
3.1. Симбіотичний апарат <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae – Lens culinaris</i> Medik. ....	62

3.2. Розвиток бактерій <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> у бульбочках сочевиці.....	73
3.3. Синтез леггемоглобіну.....	81
3.4. Виділення і вивчення культурально-морфологічних і фізіолого- біохімічних властивостей нового штаму <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> ІМВ В-7837 .....	88
3.5. Азотфіксувальні мікроорганізми родів <i>Azotobacter</i> і <i>Clostridium</i> .....	95
3.6. Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів.....	103
3.7. Основні еколого-трофічні групи мікроорганізмів ризосфери сочевиці.....	110
3.8. Активність основних ґрунтових ферментів.....	115
<b>РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН.....</b>	<b>122</b>
4.1. Висота рослин .....	122
4.2. Площа листкового апарату .....	124
4.3. Пігментний комплекс.....	127
4.4. Чиста продуктивність фотосинтезу.....	137
<b>РОЗДІЛ 5. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ПОСІВАХ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН .....</b>	<b>141</b>
5.1. Урожайність.....	141
5.2. Якість зерна.....	144
<b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН..</b>	<b>148</b>



<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>153</b>
<b>ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>155</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>157</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>189</b>

**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ**

ЕПАА – екзополісахаридакриламід

КАА – крохмало-аміачний агар

КУО – колонієутворююча одиниця

МБП – мікробний препарат

МПА – м'ясопептонний агар

МПБ – м'ясопептонний бульйон

ПЛА – площа листкового апарату

РРР – регулятор росту рослин

ФА – ферментативна активність

Хл  $a$  – хлорофіл  $a$

Хл  $b$  – хлорофіл  $b$

Хл  $a+b$  – сума хлорофілів  $a$  і  $b$

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

## ВСТУП

Виробнича діяльність аграріїв внаслідок застосування інтенсивних технологій дедалі більше зумовлює активне втручання у процеси біосфери, порушуючи при цьому структурно-функціональні зв'язки, які стають причиною небажаних екологічних наслідків. У зв'язку з цим, загроза глобальної екологічної кризи потребує розробки наукових основ раціонального природокористування, обґрунтування і реалізації програми стійкого функціонування агросфери [1, 2].

Використання традиційних технологій, які забезпечують отримання максимального врожаю, не завжди дає змогу одержати екологічно безпечну і чисту рослинницьку продукцію, а активне подальше насичення технологій вирощування сільськогосподарських культур хімічними засобами є малоперспективним [3]. Тому, постає необхідність підвищення продуктивності вирощування альтернативних культур без надмірного застосування хімічних речовин або й повного їх виключення. Нині все більшого значення набувають науково-технічні розробки, спрямовані на пошук альтернативних засобів, завдяки яким без зниження досягнутого рівня сільськогосподарського виробництва можна зменшити його собівартість та шкідливий вплив на навколишнє природне середовище і водночас досягти екологічної чистоти продукції [4].

Індикатором чутливості до глобальних порушень процесів кругообігу основних біогенних елементів в агроценозах є мікроорганізми, зокрема й ті, що визначають азотний баланс [2, 5]. Тому, в більшості країн проблема азотфіксації є надзвичайно актуальною.

Симбіотична взаємодія бобових рослин із азотфіксувальними бульбочковими бактеріями та її використання для розв'язання проблеми забезпечення високобілковою продукцією тваринництва, а людства – якісними продуктами, є одним із багатьох прикладів інтенсифікації агровиробництва природними шляхами [6]. За вегетаційний період зернобобові культури зв'язують 80–150 кг азоту в діючій речовині, що

еквівалентно внесенню 300–400 кг аміачної селітри. Якщо підрахувати вартість мінеральних добрив, то стає очевидно, що симбіотична азотфіксація має високий економічний сенс [7].

Упродовж останніх років серед зернобобових культур відновлює свою популярність сочевиця. Вона є цінним дієтичним продуктом із середнім вмістом білка 22–35% [8, 9]. Серед заходів поліпшення азотного живлення рослин сочевиці в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на підвищення рівня біологічної взаємодії рослин із азотфіксувальними мікроорганізмами, що може бути реалізовано через застосування бактеріальних препаратів на основі бульбочкових бактерій [9]. Завдяки таким препаратам створюється можливість цілеспрямованої регуляції онтогенезу рослинного організму. Також важливе значення в цьому аспекті, крім мікробних препаратів, відіграють регулятори росту рослин. Використання останніх підвищує стійкість рослин до несприятливих чинників природного та антропогенного походження [10]. Водночас поєднання в технологіях вирощування сочевиці біологічних препаратів різного господарського призначення, їх вплив на функціонування мікробного комплексу і формування продуктивності посівів є вивченим недостатньо.

**Актуальність теми.** Сучасний стан аграрного виробництва характеризується інтенсивним застосуванням хімічних препаратів, що негативно позначається на екологічному стані агроценозів. Проте в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур особливе місце відводиться зернобобовим, зокрема й сочевиці, яка за рахунок азотфіксувального процесу здатна себе забезпечувати азотом та сприяє зниженню норм використання азотних мінеральних добрив під наступні культури сівозміни. Тому, нині вітчизняними та зарубіжними науковцями (В. П. Патица, В. В. Моргун, С. Я Коць, В. В. Волкогон, В. Ф. Петриченко, Г. О. Іутинська, В. П. Карпенко, В. П. Дерев'янський, О. С. Власюк, І. М. Малиновська та ін.) ведеться активний пошук шляхів біологізації основних

ланок технологій вирощування як зернових, так і зернобобових культур, де першочергове значення відводиться використанню біологічних препаратів на основі природних компонентів [11–14]. Наявні сучасні наукові матеріали засвідчують позитивний вплив біологічних препаратів на функціонування мікробного ґрунтового комплексу та проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах за одночасного зростання їх продуктивності і покращення якості врожаю [15–17]. Водночас, незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування мікробіоценозів ґрунту, в літературі недостатньо висвітлено питання ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. в залежності від комплексного застосування в технології вирощування мікробних препаратів і регуляторів росту рослин природного походження, зокрема, їх дії на формування симбіотичної системи та мікробних угруповань ризосфери, а звідси – на особливості перебігу основних фізіолого-біохімічних процесів та формування продуктивності посівів і якості врожаю сочевиці. Зважаючи на це, розв'язання завдання підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. на фоні застосування біологічних препаратів забезпечить розробку рекомендацій виробництву з елементами біологізованої технології вирощування культури, наслідком чого стане розширення джерел забезпечення населення України високоякісним харчовим білком, що в нинішніх умовах є вкрай актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** В основу дисертації покладено результати наукової роботи автора, що виконувалась упродовж 2014, 2018, 2019 років і була складовою частиною тематики досліджень кафедри біології Уманського НУС «Розробка новітніх технологій виробництва зернових культур в сівозміні при застосуванні гербіцидів, рістрегулюючих речовин і мікробних препаратів» (номер державної реєстрації 0105U00560), що входить у Програму наукових досліджень Уманського національного університету садівництва

«Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроecosystem Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U003207).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи було з'ясувати комплексну дію мікробного препарату на основі бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин природного походження Регоплант на функціонування азотфіксувального симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., формування ризосферного мікробного комплексу та на перебіг основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах сочевиці. На основі отриманих експериментальних даних – розробити, обґрунтувати і впровадити у виробництво елементи біологізованої технології вирощування сочевиці.

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дослідити ефективність функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. залежно від застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин;
- виділити високоефективні штами бульбочкових бактерій з кореневої системи сочевиці, дослідити їх культурально-морфологічні особливості, вплив на ростові і продукційні процеси культури;
- з'ясувати дію мікробного препарату і регулятора росту рослин на формування й функціонування мікробних угруповань ризосфери сочевиці;
- дослідити активність основних ґрунтових ферментів у ризосфері сочевиці на фоні застосування досліджуваних препаратів та функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik.;
- встановити особливості формування біометричних показників рослин сочевиці (висота, надземна маса, площа листового апарату) та проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів (формування пігментного комплексу, фотосинтетичної активності) залежно

від реалізації потенціалу мікробно-рослинної взаємодії на фоні використання біологічних препаратів;

– вивчити дію досліджуваних біологічних препаратів на формування продуктивності посівів сочевиці і якості врожаю;

– дати економічне й енергетичне обґрунтування застосуванню біологічних препаратів у технології вирощування сочевиці, на цій основі розробити та впровадити у технологію вирощування сочевиці науково обґрунтовані біологічні заходи, що слугуватимуть основою біологізації виробництва її зерна.

*Об'єкт дослідження* – функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., мікробіологічні процеси в ґрунті, фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та продуктивність посівів сочевиці за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин.

*Предмет дослідження* – сочевиця сорту Лінза, мікробний препарат (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29), регулятор росту рослин Регоплант, симбіотична система *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* — *Lens culinaris* Medik., мікробіологічна активність ґрунту, фізіолого-біохімічні процеси у рослинах сочевиці, продуктивність посівів.

**Методи дослідження.** Польовий – закладання дослідів у польових умовах для з'ясування ефективності дії мікробного препарату і регулятора росту рослин. Лабораторний – дослідження мікробіологічними, фізіолого-біохімічними методами кількісних і якісних змін у ґрунті й рослинах сочевиці. Статистичний – встановлення на основі дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності отриманих даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України з'ясовано особливості функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. на фоні застосування мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29) і регулятора росту рослин

природного походження Регоплант. Подальшого розвитку дістало розкриття низки питань стосовно формування ризосферних мікробних угруповань сочевиці, активності ґрунтових ферментів, проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, формування продуктивності посівів і якості зерна залежно від спрямованості й активності функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* – *Lens culinaris* Medik.

Уперше доведено, що найактивніше функціонування симбіотичної системи сочевиці на фоні зростання ризосферної активності мікробіоти забезпечує комплексна обробка насіння перед сівбою мікробним препаратом (*Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29) у нормі 1,0 л/т у поєднанні з регулятором росту рослин Регоплант у нормі 250 мл/т та внесення по даному фону Регопланту в нормі 50 мл/га.

У посівах сочевиці за спонтанної інокуляції вперше виділено штам *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* ІМВ В-7837, який на 7–16% за продуктивністю перевищує штам К-29 та еталонний виробничий штам *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* 724.

На основі обґрунтування ефективності функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* – *Lens culinaris* Medik. розроблено заходи з біологізації технології вирощування культури, що можуть слугувати основою для розробки подібних заходів для інших бобових.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробці та впровадженні елементів біологізації в технологію вирощування сочевиці, які реалізуються через стимулювання активності симбіотичного апарату, розвиток мікробних угруповань, проходження основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах на фоні застосування мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29) і регулятора росту рослин природного походження (Регоплант). Науково обґрунтовані результати пройшли виробничу перевірку в умовах



фермерського господарства «Оksamитове» (с. Пеніжкове, Христинівського району, Черкаської області, Додаток М. 1) на площі 6,2 га та в фермерському господарстві «Мазур» (с. Угловата, Христинівського району, Черкаської області, Додаток М. 2) на площі 4,3 га, де забезпечили отримання високого економічного прибутку.

Для макросимбіонту (*Lens culinaris* Medik.) підбрано комплементарний високоактивний штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* IMB B-7837, який захищено патентом України (№ 142382, Додаток М. 3).

Матеріали дисертаційної роботи апробовані під час викладання дисциплін Фізіологія рослин, Мікробіологія, Хімія навколишнього середовища в Уманському національному університеті садівництва.

**Особистий внесок здобувача** полягає у самостійному опрацюванні наукової літератури за темою дисертації, оволодінні необхідними методиками досліджень, виконанні польових і лабораторних досліджень, узагальненні отриманих результатів, написанні наукових статей та впровадженні результатів досліджень у виробництво.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення, що викладені в дисертації, доповідались і обговорювались на щорічних та розширених засіданнях кафедри біології Уманського національного університету садівництва (2014, 2018–2019 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвяченій 20-річчю заснування Голицького біостаціонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018» (м. Тернопіль, 2018); Науковій конференції молодих вчених, присвяченій 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (м. Чернігів, 2018); Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 2018); Міжнародній науковій конференції «Молодь і поступ біології», присвяченій 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса (м. Львів,

2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань» (м. Київ, 2019).

**Публікації.** Основні положення дисертації висвітлено в 12 публікаціях, у тому числі: 5 – фахових виданнях, що входять до наукометричних баз; 6 – тез доповідей на наукових конференціях, один патент на корисну модель.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 219 сторінках друкованого тексту, в т. ч. – 156 основного тексту, включаючи 31 таблицю і рисунки. Вона складається зі вступу, шести розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 278 найменувань, з них 32 латиницею.

**РОЗДІЛ 1**  
**ФОРМУВАННЯ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СИМБІОТИЧНОГО**  
**АПАРАТУ «*RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* – БОБОВА КУЛЬТУРА»**  
**ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ**  
**(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

**1.1. Функціонування симбіотичного апарату бобових культур, у тому числі й *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., за дії біологічних препаратів**

Оптимальна науково обґрунтована частка насичення посівів бобовими культурами складає 20–40%, що дозволяє на чверть скоротити обсяги внесення мінерального азоту під наступні зернові культури сівозміни без суттєвого зниження їх продуктивності [4, 18]. Упродовж останніх років серед зернобобових культур відновлює свою популярність сочевиця. Її вирощують для продовольчих і кормових цілей. За вмістом білка (до 36%) в зерні, засвоюваністю організмом людини, за розварюваністю і смаковими якостями вона разом з квасолею переважає всі інші зернобобові культури [19].

Завдяки посиленню тенденції до екологізації аграрного виробництва, при вирощуванні сільськогосподарських культур останнім часом набуло особливої актуальності використання мікробних препаратів, у тому числі й на основі азотфіксувальних бактерій. Біологічна азотфіксація у посівах бобових є своєрідним прикладом безвідходної технології, де коефіцієнт використання азоту в бобово-ризобіальних системах наближається до 100% [20, 21]. Тому, одним із пріоритетних напрямків світового сучасного землеробства є саме використання можливостей симбіотичної азотфіксації для підвищення продуктивності бобових культур та відтворення родючості ґрунтів. У цьому аспекті важливим є з'ясування питання забезпечення високоефективного симбіозу бобових культур із відповідними видами бульбочкових бактерій. Азотфіксувальний потенціал симбіозу бобових

культур з ризобіями, присутніми у ґрунті (аборигенними), часто обмежений їх невисокою активністю або недостатньою чисельністю в зоні проростання насіння. У зв'язку з цим, у технологіях вирощування бобових культур обов'язковим агрозаходом повинна бути передпосівна обробка (інокуляція) насіння мікробними препаратами селекційних штамів відповідних ризобій, яка не тільки сприяє підвищенню продуктивності рослин, а й зумовлює інтродукцію в ґрунтові мікробіоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій [20, 22]. Інокуляція насіння бобових культур мікробними препаратами позитивно впливає на загальний стан рослин: вони формують кращі біометричні показники, у них активізуються метаболічні процеси, зокрема фотосинтез, азотний обмін, підвищується резистентність до фітопатогенів, що, у цілому, позитивно відображається на формуванні врожайності [23].

Важливою особливістю кормових бобів і сочевиці є їх здатність вступати у симбіотичні взаємовідносини з бульбочковими бактеріями виду *Rhizobium leguminosarum* та фіксація біологічним шляхом з атмосфери в середньому за вегетаційний період до 140 кг/га молекулярного азоту [23, 24].

3-поміж основних елементів живлення рослин азоту належить одне з чільних місць. Невичерпним його джерелом є атмосфера, 78% якої припадає саме на цей елемент. Варто лише сказати, що в повітрі над 1 га земної поверхні міститься понад 80 тис. т молекулярного азоту, який є єдиним джерелом поповнення запасів зв'язаного азоту в ґрунті, а загальний вміст азоту в земній корі (переважно у складі солей амонію, нітритів і нітратів) становить лише 0,01% [25, 26]. Незважаючи на те, що над кожним квадратним метром земної поверхні в повітрі міститься 7–8 т азоту [27], потреби рослин, які ростуть на цій площі, у цьому елементі (10–20 г/рік) не задовольняються – вони часто відчують азотне голодування. Невипадково за значимістю для живої природи явище азотфіксації, здійснюване мікроорганізмами в симбіозі і асоціаціях із рослинами, прийнято порівнювати з іншим глобальним процесом планети Земля – фотосинтезом

[25, 28]. При цьому, найважливіше значення ґрунтових мікроорганізмів полягає у формуванні та підтримці упродовж тисячоліть біогеохімічного циклу азоту, в тому числі і за рахунок його біологічної азотфіксації [29–32]. Тому, життя на Землі значною мірою залежить від життєдіяльності азотфіксувальних мікроорганізмів, оскільки за рахунок симбіотичної і несимбіотичної фіксації у колообіг залучається найбільша частина природного азоту [33–36].

Аналіз наукових публікацій свідчить, що цікавість до біологічної азотфіксації досить активно виявляється впродовж останніх десятиліть і продовжує зростати [37–41]. Це пов'язано не тільки з визначальним значенням даного процесу в азотному балансі біосфери, а й з можливістю скорочення обсягів застосування промислового азоту в технологіях вирощування польових культур за біологізації землеробства, із прагненням знизити енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва.

Серед теоретичних і практичних розробок, що спрямовані на значне підвищення рівня біологічного перетворення азоту атмосфери в органічні азотовмісні сполуки, значне місце відводиться мікроорганізмам-азотфіксаторам, передусім, бульбочковим бактеріям [42]. Адже ризобії в симбіозі з бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонта і накопичувати його у верхньому шарі ґрунту [43]. Більш як половина фіксованого на планеті азоту зв'язується завдяки функціонуванню симбіозу бобових рослин і бульбочкових бактерій, причому в ґрунтово-кліматичних умовах України бобово-ризобіальні системи, залежно від вирощуваної бобової культури, здатні щорічно фіксувати з атмосфери від 40 до 300 кг і більше азоту на 1 га посіву [26, 43, 44].

Дослідженнями, проведеними в Україні та за кордоном встановлено, що бобові культури в симбіозі із бульбочковими бактеріями здатні фіксувати досить значну кількість азоту: конюшина – 180–670 кг/га, люцерна – 200–460, боби – 100–550, соя – 90–240, горох – 70–160, люпин – 150–450,

пасовища з бобовими – 100–260 кг/га [45]. Тому, симбіотичній азотфіксації належить провідне значення у забезпеченні агроценозів біологічним азотом. Розширення її масштабів дозволить покращити родючість ґрунтів, знизити енергетичні витрати у землеробстві та зменшити техногенне навантаження на довкілля [46, 47]. Бобові культури з великим біологічним потенціалом являють собою потужний засіб відновлення родючості ґрунтів і створення позитивного балансу речовин у ґрунті [48].

Концептуальним напрямом розвитку біотехнологій у сільському господарстві є створення оригінальних комплексних композицій багатофакторної дії, що поєднують властивості регуляторів росту рослин, елементів живлення і засобів стійкості рослин до стресорів і хвороб. Прикладом цьому є використання мікробних біотехнологій та біотехнологій синтезу фізіологічно активних речовин природного походження. Так, експериментальні дані свідчать, що регулятори росту рослин займають особливе місце у регуляції взаємовідносин між рослинами та бактеріями, беручи безпосередню участь в інокуляційному процесі, в генезі бульбочок на кореневій системі бобових рослин, у регуляції рівня азотофіксування [49–52]. Механізм стимулювання процесу азотфіксації регуляторами росту рослин пов'язаний з багатьма чинниками: розвитком потужної кореневої системи, посиленням процесу фотосинтезу і, як наслідок, інтенсивним відтоком фотоасимілятів у кореневу зону, які є одним із джерел живлення агрономічно-цінних мікроорганізмів [53]. За результатами досліджень Вінницької, Тернопільської та Черкаської сільськогосподарських дослідних станцій [54], найвищі прирости урожаю сої були відмічені у варіантах з передпосівною обробкою насіння регуляторами росту рослин Емістимом С (20 мл/т) – 5,2 ц/га, Агростимуліном (20 мл/т) – 3,8 ц/га, що свідчить про ефективність їх застосування в посівах бобових культур.

Дослідженнями В. П. Дерев'янського [55] встановлено, що обробка насіння мікробними препаратами сприяє збільшенню утворення бульбочок до 30–38 шт./рослину в базальній частині кореня рослин сої проти 8–9

шт./рослину без інокуляції. Згідно досліджень В. Ф. Камінського [56], передпосівна інокуляція сої забезпечує збільшення маси бульбочок в середньому на 0,15–0,35 г/рослину проти контрольного варіанту досліду, де вона складала 0,67 г/рослину. За результатами досліджень С. Я. Коця [57], регулятори росту рослин цитокінінової природи інтенсифікують процеси газообміну CO<sub>2</sub>, стимулюють азотфіксувальну функцію рослин люцерни, сприяють формуванню генеративних органів, утворенню плодів, а також посилюють адаптивні властивості симбіотичних систем до посухи.

За даними Л. В. Центилю [58], застосування Ризогуміну для передпосівної бактеризації насіння гороху сорту Сталкер сприяло активізації формування і функціонування симбіотичного апарату. Так, зокрема, зростала як чисельність бульбочок, так і їхня маса порівняно до показників варіантів у блоці досліду без передпосівної бактеризації. У даному варіанті спостерігалось збільшення нітрогеназної активності в порівнянні з контролем у 2 рази. Для процесу азотфіксації сприятливими були: післядія гною, післядія біокомпосту та використання рослинних решток. Позитивна дія Ризобофіту на функціонування бобоворизобіального симбіозу по цих агрофонах підсилювалась [59].

За результатами досліджень О. М. Данильченко зі співавторими [60], у варіантах досліду, де застосовували передпосівну інокуляцію насіння Ризогуміном, максимального значення показники досягали у фазу цвітіння й становили: за кількістю бульбочок 47,9 шт./рослину – кормових бобів і 15,5 шт./рослину – сочевиці та за їх масою – 1,02, 0,27 г/рослину, що перевищувало контроль на 24,4; 4,8 шт. та 0,46; 0,07 г/рослину відповідно.

О. Л. Туріна., С. В. Дідович та Р. О. Кулініч [61] стверджують, що застосування препаратів Ризобофіт, Ризобофіт + Фосфоентерин + Біополіцид і ціаноризобіального консорціуму дозволило збільшити масу азотфіксувальних бульбочок нуту на 25% у порівнянні з контролем.

Г. О. Іутинська [62] повідомляє, що інокуляція насіння сої штамом бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 71Т сприяла підвищенню

азотфіксувальної активності у 4,5 рази. При цьому використання регулятора росту рослин Емістим С на фоні інокуляції насіння підсилювало органогенез бульбочок, а завдяки дії регулятора росту рослин Еней маса бульбочок збільшувалася у 2,7 рази, азотфіксувальна активність – у 1,5 рази порівняно із контролем.

Необхідність врахування активності окремих біологічних процесів у ґрунтах агроценозів диктується сучасними уявленнями про вплив технологічних чинників не лише на продукційний процес сільськогосподарських культур, але й на стан довкілля. Одними з найточніших тестів щодо реакції системи ґрунт-мікроорганізми-рослина на рівень агрохімічного навантаження є процеси біологічної трансформації азоту [63–65].

Ряд науковців стверджують про підсилення активності процесу симбіотичної азотфіксації за сумісного застосування передпосівної бактеризації і регуляторів росту рослин [66–68]. У той же час, існують застереження проти поєднання мікробних препаратів з регуляторами росту рослин, пов'язані з тим, що обидва види препаратів містять фізіологічно активні речовини, дія яких на продукційний процес культурних рослин при передозуванні може мати негативні наслідки [69]. Водночас, у науковій літературі майже відсутні відомості щодо впливу сумісного застосування мікробних препаратів і регуляторів росту рослин у посівах сочевиці на функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., що створює передумови для детального з'ясування даного питання.

## **1.2. Формування мікробних угруповань посівів бобових культур за дії біологічних препаратів різного господарського призначення**

Мікробіота, що населяє ґрунт, є досить різноманітною за складом і за спрямуванням біологічної діяльності. Тому, її значення у формуванні ґрунтів



надзвичайно складне і різноманітне. Водночас головною функцією мікроорганізмів у ґрунтоутворенні є розкладання органічних залишків рослинного і тваринного походження до гумусоутворення і повної мінералізації [45].

Видовий склад ґрунтової мікробіоти може бути урізноманітнений за рахунок екзогенної регуляції з використанням екологічно безпечних мікробних препаратів та фізіологічно активних речовин як синтетичного, так і природного походження [70–73]. Застосування мікробних препаратів сприяє комплементарному зв'язуванню поверхневих глікополімерів ризобій за первинних контактів із рослиною-господарем, формуванню симбіотичної системи та функціонуванню азотофіксувального нітрогеназного комплексу [74].

Екзогенні регулятори росту рослин виконують комплексну дію: проникаючи крізь мембрани клітин, вони здатні пришвидшувати передачу генетичної інформації, мембранні процеси, поділ клітин, ферментативні реакції, фотосинтез, процеси дихання і живлення, що сприяє інтенсифікації ростових процесів у рослинному організмі [75, 76]. Стимулюючи природні захисні механізми рослинного організму, вони істотно підвищують стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища [77–79]. Біологічно активні речовини з рістрегулювальними властивостями здатні змінювати перебіг мікробних процесів у ризосфері рослин і підвищувати нітрогеназну активність не лише тих штамів ризобій, які застосовували для інокуляції, а й аборигенних мікроорганізмів у зоні висіяного насіння. Це важливо для формування бобово-ризобіального симбіозу під час вирощування зернобобових культур [80–82].

У світовій практиці спостерігається тенденція до зниження норм застосовуваних добрив і зростає значення їх використання (з економічних та екологічних міркувань) у поєднанні з агротехнічними заходами, метою яких є збереження родючості ґрунтів. Вони передбачають, зокрема, науково

обґрунтовані сівозміни та заходи, спрямовані на підвищення біорізноманіття корисної ґрунтової мікробіоти [83].

У системі ґрунт–мікроорганізми–рослина ґрунтові бактерії і мікроскопічні гриби є незамінною і невід’ємною складовою [84]. Саме тому рослина, що забезпечена повноцінним комплексом мікроорганізмів, здатна одержати необхідне живлення і реалізувати свій потенціал урожайності. Особливої уваги заслуговують дослідження щодо вивчення інтродукції поліфункціональних мікроорганізмів, умов їх ефективного функціонування у ризосфері рослин, розробки елементів технологій ефективного застосування мікробних біопрепаратів [85]. В існуючих системах землеробства біологічна суть формування родючості ґрунтів, на жаль, практично не береться до уваги, оскільки вже понад століття беззастережно панує теорія мінерального живлення рослин Ю. Лібіха. Не критикуючи дану теорію, зазначимо, що прихильники і послідовники сприйняли її надто буквально і це значною мірою призвело до ігнорування біологічних аспектів ґрунтоутворчих процесів. Між тим, класичні роботи В. В. Волкогона, В. В. Докучаєва і П. А. Костичева [86–88] свідчать, що утворення родючого шару ґрунту є процесом комплексним – одночасно геологічним і біологічним. П. А. Костичев, крім того, показав, яке значення мають ґрунтові мікроорганізми у формуванні біологічно активних ґрунтів, довівши, що мікроорганізми не тільки розкладають органічні рештки, а й постійно синтезують складні органічні сполуки, в тому числі й біологічно активні речовини, які забезпечують активний розвиток рослин. Мікробіота, що заселяє кореневу систему, є трофічним посередником між ґрунтом і рослиною, відповідальним за перетворення складних хімічних сполук у прості й доступні для живлення рослин, які в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержують необхідне кореневе живлення і, як наслідок, рослини повніше реалізують свій генетичний потенціал щодо врожайності [89, 90].

Аналіз сучасного вітчизняного і світового досвіду з питань застосування корисних мікроорганізмів в агробіотехнологіях [91–93]

підтверджує можливість створення продуктивних рослинно-мікробних асоціативних та симбіотичних систем і вказує на необхідність вивчення умов для їх ефективного функціонування в ґрунті. Необхідно відмітити, що управління біологічними процесами в агроценозах можливо через інтродукцію агрономічно цінних штамів мікроорганізмів в ризосферу рослин, при цьому посилюється корисний або послаблюється чи ліквідується негативний вплив небажаних для реалізації їх потенціалу чинників [94, 95]. Залежно від сукупної зміни умов довкілля можна спостерігати динаміку структури ґрунтової популяції, в тому числі і зміни у формуванні різних еколого-трофічних угруповань.

Нині актуальними є розробки біологічних препаратів, що базуються на використанні природних агентів [96, 97], а також пошук нових азотфіксувальних мікроорганізмів і розроблення на їх основі ефективних симбіотичних асоціацій, які можна було б використовувати для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, уникаючи водночас забруднення навколишнього природного середовища синтетичними сполуками [98–100].

Слід зазначити, що позитивний вплив мікроорганізмів-азотфіксаторів на рослину не обмежується поліпшенням її азотного живлення. Бактеризація сприяє трансформації важкорозчинних сполук ґрунту, що легко засвоюються рослинами. Крім того, бактеріальні препарати містять фізіологічно активні речовини (гормони, вітаміни, амінокислоти, регулятори росту рослин і ін.), які здійснюють пряму регуляцію росту рослин, зокрема, істотно, на 20–30%, поліпшують використання добрив завдяки розростанню кореневої системи й підвищенню її поглинальних властивостей. При цьому корисні мікроорганізми, заселивши корені, не допускають інфікування рослини патогенними мікроорганізмами, збільшуючи її стійкість до хвороб. Показано, що застосування біопрепаратів підвищує якість посівного матеріалу: зростає енергія проростання та схожість насіння, а також інтенсифікуються процеси фотосинтезу рослин [89, 100].

Застосування в посівах сільськогосподарських культур регуляторів росту рослин та мікродобрив є вкрай необхідним заходом для забезпечення належного росту й розвитку вирощуваних рослин [101, 102].

За даними З. М. Грицаєнко та С. А. Оратівської [103], найбільша кількість ризосферних бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів розвивалась у посівах гороху на фоні передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Біолан 20 мл/т сумісно з мікробним препаратом Поліміксобактерин 50 мл/т з наступним обприскуванням посівів гербіцидом Пульсар 40 у нормі 0,5 л/га сумісно з регулятором росту Біолан 15 мл/га, що забезпечило зростання їх кількості на 69; 87 та 121% відповідно.

Проте, слід відзначити, що незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування ґрунтової мікробіоти в посівах різних бобових культур, у науковій літературі майже відсутні відомості щодо впливу сумісного застосування мікробних препаратів та регуляторів росту рослин на закономірності змін у якісному та кількісному її складі в посівах сочевиці.

### **1.3 Спрямованість проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і продуктивність посівів бобових культур, у тому числі й сочевиці, залежно від мікробіологічної активності в ґрунті на фоні використання біологічних препаратів**

Донедавна уявлення про взаємовідносини рослин і мікроорганізмів зводилися лише до встановлення між ними трофічних зв'язків, тоді як дослідженнями останніх років доведено, що ці зв'язки у значній мірі визначають розвиток і функціонування рослинного організму [104]. У сучасних агротехнологіях одним із найважливіших заходів є підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок покращення посівних якостей насіння, що здійснюється шляхом застосування відповідних препаратів за рахунок передпосівної обробки [105]. Так, за дослідженнями Ю. І. Івасюк та ін. [106], інокуляція високоактивними штамми бульбочкових

бактерій насінневого матеріалу сої забезпечила значне зростання площі листової поверхні посівів, продуктивності фотосинтезу і з рештою – урожайності рослин.

Перспектива ефективного використання в технологіях вирощування зернобобових культур мікробних препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій, мікроелементів та стимуляторів росту і розвитку рослин, застосованих окремо, доведена результатами численних досліджень і не викликає сумніву. Проте навіть за їх застосування в аграрних технологіях розкриття генетичного потенціалу урожайності культур реалізується далеко не повною мірою [107].

Поява нових сортів, нових азотфіксувальних препаратів, регуляторів росту рослин, сучасне ставлення до екологобезпечних енергоресурсозберігаючих технологій вимагають додаткових, більш поглиблених досліджень з метою удосконалення існуючих технологій вирощування зернобобових культур, у тому числі й сочевиці, з використанням біологічно активних речовин [108–111].

Застосування в симбіозі з сучасними сортами зернобобових культур вискоєфективних штамів бульбочкових бактерій сприяє підвищенню їх продуктивності на 20–30% і збільшенню вмісту білка в зерні на 2–6%.

Під час вивчення фізіологічних особливостей симбіотичних взаємовідносин бобових із ризобіями важливо дослідити фізіологічний стан рослин, зумовлений бактеризацією. Особливе місце при цьому відводиться функціонуванню окисно-відновних ферментів. Вважають, що пероксидази, зв'язані з клітинною стінкою рослини-господаря, беруть участь не лише в процесах росту і формування клітинних стінок, а й виконують ширший спектр фізіологічних реакцій. Виявлено, що в разі встановлення симбіотичних відносин у клітинах макросимбіонта істотно зростає активність окиснювальних процесів, які супроводжуються утворенням і розкладанням пероксидних сполук за участю пероксидази і каталази. Одним із підходів при вивченні «імунної» відповіді макросимбіонта на інфікування бульбочковими

бактеріями може бути дослідження цієї реакції в симбіотичних системах різної ефективності. Так, С. Я. Коць та І. С. Бровко та ін. [112, 113] встановили, що рівень пероксидазної активності в бульбочках і коренях сої залежить від азотфіксувальної активності мікросимбіонта, а активність поліфенолоксидази в кореневих бульбочках пов'язана з вірулентністю ризобій.

За даними досліджень Л. М. Гончар та О. М. Щербакової [114], обробка насіння бульбочковими бактеріями та розчином молібдену є ефективним заходом у підвищенні схожості насіння нуту шляхом активації окисно-відновних процесів у насінні, сприяє підвищенню стійкості рослин до стресів та виживаності рослин у період вегетації культури на 6,5–10,5%.

Збільшення урожайності рослин під впливом азотфіксувальних бактерій відбувається не тільки завдяки фіксації атмосферного азоту і збільшення його надходження в рослини, а й за рахунок продукування бактеріями рістстимулювальних речовин, які здатні зумовлювати підсилення розгалуження коріння і збільшення його активної адсорбуючої поверхні, що може призвести до більш повного засвоєння поживних речовин субстрату. Рістстимулювальні сполуки біопрепаратів активно впливають на енергію та схожість насіння, сприяють утворенню додаткових продуктивних стебел або генеративних органів, коренеплодів та ін., а це загалом позитивно впливає на урожайність сільськогосподарських культур [115, 116]. Рістстимулювальні речовини, які продукуються бактеріями, через розростання коріння можуть впливати на життєздатність рослин в екстремальних умовах [117], сприяють підвищенню біологічної активності в зоні коріння, інтенсифікують синтез і функціонування бактеріальних ферментів, а це значно поліпшує умови живлення рослин. Бактеризація діазотрофами може забезпечувати оптимізацію фосфорного живлення інокульованих рослин [118]. Завдяки активності бактеріальної нітратредуктази в корінні рослини збільшується асиміляція нітратів, інокульовані рослини завжди містять значно нижчу кількість нітратів порівняно з не бактеризованими і вищий вміст амінокислот

та білків, адже нітрати в таких рослинах переходять з пулу зберігання в метаболічний пул і залучаються до синтезу амінокислот та білків [116]. Діазотрофи здатні змінювати ступінь проникнення мембран корневих клітин [119], впливати на розвиток патогенів через більш раннє заселення коріння рослин [120], підвищувати імунітет інокульованих рослин до збудників хвороб корневих гнилей та інших хвороб [121]. Бактеризація сприяє поліпшенню якісних параметрів рослинної продукції (вміст білка, крохмалю, клейковини, нітратів, аскорбінової кислоти тощо), запобігає надходженню нітратів у ґрунтові води, забезпечує зниження вмісту нітратів у продукції, зростання вмісту органічної речовини в ґрунті завдяки збільшеній кореневій системі інокульованих рослин, позитивно позначається на ступені засвоєння інокульованими рослинами поживних речовин і, зокрема, мінеральних добрив. Інокуляція насіння зернобобових культур зменшує потреби у внесенні азотних добрив. За рахунок цього поліпшується азотне живлення і підвищується імунітет рослин до низки грибкових захворювань [122, 123]. Все це має економічні наслідки та призводить до зростання коефіцієнта використання добрив та отримання додаткового врожаю [124].

За даними С. Я. Коця та ін. [120, 125], обробка проростків люцерни 0,06%-м розчином ризобіального глюкану з подальшою інокуляцією бульбочковими бактеріями індукувала утворення потужного азотфіксувального апарату з високою активністю, а також сприяла збільшенню маси коренів, внаслідок чого інтенсифікувалось наростання надземної маси рослин як за оптимального, так і за недостатнього водозабезпечення.

Т. Ф. Трофимова [126] констатує, що інокуляція насіння сої біологічними препаратами забезпечує зростання врожайності у порівнянні із контролем на 8–30%, де найвища врожайність сої відмічалась за дії Ризоторфіну – 23,3 ц/га, Азотобактерину – 21,3 ц/га, Агропону-С – 20,9 ц/га і Альбіту – 19,3 ц/га.

Г. Господаренко [122] стверджує, що проведення передпосівної інокуляції суспензією Ризобофіту сприяло підвищенню врожайності нуту сорту Розанна в середньому за роки досліджень на 2,8 ц/га в порівнянні з варіантом без застосування препарату. В результаті передпосівної бактеризації насіння люцерни сорту Лідія мікробним препаратом Ризобофіт на основі *Sinorhizobium meliloti* 425a урожайність (суха речовина) в сумі за роки досліджень становила 13,75 т/га, де перевищення показників варіанту без інокуляції становило 1,25 т/га [123].

За даними О. М. Григор'євої [127], передпосівна бактеризація насіння сої біологічним препаратом Ризогумін (200 г на гектарну норму насіння) за посходового внесення регулятора росту рослин Біолан (20 мл/га) забезпечує одержання приросту врожайності зерна на рівні 0,29 т/га, або – 13,1%.

Л. В. Кириленко та Ю. М. Шкатула [128] стверджують, що використання у якості мікосимбіонтів для козлятника східного сортів Салют і Кавказький бранець штамів *Rhizobium galegae* 0703, 0721, 159 і Л2 сприяла суттєвому достовірному збільшенню врожаю зеленої маси рослин, а також вмісту у ній сирого протеїну і азоту. Так, врожай зеленої маси козлятника східного сорту Салют становив 5,35–6,03 т/га, вміст сирого протеїну відповідно 26,80–28,06%. Серед досліджуваних штамів найкраще проявив себе штам 159. Ефективнішою виявилась інокуляція насіння козлятника сорту Кавказький бранець. Обробка зазначеними штамми забезпечила урожай зеленої маси у межах 6,34–6,87 т/га, вміст сирого протеїну – 27,21–29,45% і азоту – 2,54–3,08%.

Згідно з даними В. В. Моргуна і співавт. [129], обґрунтоване застосування бактеріальних препаратів на основі рістрегулюючих речовин, як елементів екологічного землеробства у технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур, дозволяє істотно знизити хімічне навантаження на екосистеми, внаслідок зменшення застосування хімічних засобів захисту рослин, що призводить до підвищення врожайності і покращення якості екологічно чистої продукції.



Ряд науковців доводять, що застосування рістрегулюючих речовин як для обробки посівного матеріалу, так і впродовж вегетації сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур [130]. Так, Л. А. Покопцевою зі спіавт. [131] встановлено, що за використання регулятора росту рослин Емістим С та АКМ суттєво активізується наростання вегетативної маси соняшнику гібриду Армада, де площа листової поверхні у дослідних варіантах збільшувалась у 1,2–1,4 рази порівняно з контролем, що відбувалося за рахунок збільшення кількості листків на рослинах.

Аналізуючи літературні джерела, можна відмітити, що сучасні мікробні та рістрегулювальні препарати нового покоління позитивно впливають на проходження основних мікробних процесів у ґрунті та фізіологічних – у рослинах, характеризуються високою ефективністю та екологічною безпечністю [132, 133]

Останніми роками в Україні серед зернобобових культур за посівними площами відновлює свою популярність сочевиця, проте в результаті недостатнього вивчення процесів її росту, розвитку та фотосинтетичної продуктивності урожайність даної культури залишається низькою [134, 135]. Також у науковій літературі недостатньо розкрито аспекти комплексної та роздільної дії бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* і регуляторів росту рослин на функціонування азотфіксувального симбіотичного апарату – *Rhizobium leguminosarum biovar viceae Lens culinaris* Medik., їх вплив на перебіг біологічної фіксації атмосферного азоту; розвиток і функціонування різних фізіологічних груп ризосферної мікробіоти; перебіг основних біологічних процесів у ґрунті та фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних і продукційних змін у рослинах сочевиці, чим обумовлюється її продуктивність і якість урожаю. Зважаючи на це, вищезазначені питання склали основні завдання наших досліджень та обумовили актуальність тематики за даним науковим напрямом.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження з вивчення впливу мікробного препарату на основі *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант на функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. та проходження основних мікробних процесів у ґрунті, фізіолого-біохімічних у рослинах сочевиці виконували упродовж 2014, 2018, 2019 років в умовах дослідного поля навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва, яке розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузькому окрузі Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами за Гринвічем 48°46' північної широти, 30°14' східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м.

Територія дослідного поля представлена плато з схилами південно-східної та північно-західної експозиції. Ґрунтові води залягають досить глибоко, польові культури в основному використовують вологу опадів.

Сочевиця – холодостійка культура [136, 137]. Завдяки тому, що сочевиця не вимоглива до температури її відносять до групи рослин раннього строку сівби.

Насіння сочевиці починає проростати за температури 3–5 С. Для кращого росту й розвитку в період вегетації культура потребує оптимальних температур – 17–20 С. Налив зерна відбувається за 20–25 С. Саме в період наливу зерна сочевиця є найчутливішою до середніх добових температур. За температури менше 19 С період досягання сочевиці збільшується, за температури 14–16 С – затримується, а за 14 С і нижче – взагалі припиняється [138–141].

Дружні сходи сочевиці отримують за сівби насіння в прогрітий ґрунт (температура на глибині 10 см 7–10 С). За температури 12–15 С сходи з'являються на 6–7 добу, за 9–11 С – на 8–9, за 7–8 С – на 10–12, за 5–6 С – на 13–15 добу. Чутливішою до температури є крупнонасінна сочевиця. Деякі сорти культури можуть витримувати приморозки до -6...-7 С. Також існують зимуючі сорти, які здатні витримувати морози до -20 С [142, 143].

Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Ґрунти такої різновидності займають близько 16 % загальної площі Лісостепу України і поширені в Правобережній його частині. Вони характеризуються відносно однорідним гранулометричним і хімічним складом за профілем, вилугованістю його від легкорозчинних солей, ілювіальним характером розподілу карбонатів, значним нагромадженням елементів живлення в гумусовому горизонті. За даними кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського НУС [144,145], вміст гумусу в орному шарі складає 3,2–3,3% за (ДСТУ 4289), ступінь насиченості профілю ґрунту основами – 89,8–92,5%, реакція ґрунтового розчину середньоокисла (рН сольової суспензії – 5,5), гідролітична кислотність – 28–32 мг екв. на 1 кг ґрунту, вміст рухомих форм фосфору та калію (за методом Чирикова) – 80–120 мг/кг ґрунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 100 мг/кг ґрунту. За основними характеристиками ґрунтовий покрив дослідного поля належить до типових ґрунтів східноєвропейської частини.

За даними метеостанції м. Умань, дослідне поле УНУС знаходиться в зоні нестійкого зволоження (ГТК–1,2), що характеризується теплим, помірно вологим кліматом, але в окремі роки бувають посухи, рідше суховії. Літо тепле, помірно-вологе, зима м'яка, хмарна з частими відлигами і лише в окремі роки з сильними морозами.

Річна сума опадів в середньому складає 633 мм, проте іноді коливається за роками від 300 до 750 мм. За теплий період (квітень–жовтень)

опадів випадає 66 % від річної норми. Найбільші місячні суми опадів припадають на літні місяці – червень–липень.

Сумарна сонячна радіація складає 90–94 ккал/см<sup>2</sup> (3838,5–4051,8 Мдж/м<sup>2</sup>) за рік, а на частину сумарної ФАР (фотосинтетично активної радіації) приходить 39 ккал/см<sup>2</sup> (166,3 Мдж/м<sup>2</sup>) за період вегетації з температурою повітря вище +30<sup>0</sup>С.

Тривалість теплого періоду року з позитивною добовою температурою повітря ( $t > 0$  С) складає 245 днів, у тому числі тривалість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур ( $t > 50^0$ С) – 201 день, періоду активної вегетації сільськогосподарських культур ( $t > 100$  С) – 159 днів і найбільш забезпеченого теплом періоду ( $t > 150$  С) – 109 днів. Зимом середня добова температура повітря може досягати позитивних значень (0–20 С).

Весняний сезон починається з переходом середньодобової температури повітря через +15<sup>0</sup>С. Літо характеризується високими температурами – середня температура становить +19<sup>0</sup>С з коливанням в окремі роки від +17 до +22<sup>0</sup>С.

Осінь найчастіше тепла, сонячна, іноді тривала. Перехід середньодобової температури нижче плюс 10<sup>0</sup>С спостерігається в середині жовтня. Зима переважно тепла, з частими відлигами і хмарною погодою. Середня температура повітря у найхолодніші місяці – мінус 6 С. Під час відлиг температура може підвищуватися до плюс 9–12 С. Такі перепади температур супроводжуються утворенням льодової кірки.

У цілому кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур, у тому числі й сочевиці.

Погодні умови під час проведення досліджень були типовими для зони, проте дещо різнилися за роками (табл. 2.1).

Погодні умови 2014 року за вологістю повітря і кількістю опадів були оптимальними для вегетації сочевиці. Так, кількість опадів у період активної вегетації досліджуваної культури склала 351,4 мм з оптимальним їх

розподілом у квітні–червні (100,0; 125,5 та 73,0 мм), що значно переважало за опадами в дані місяці в інші дослідні роки. Найвологішим місяцем протягом вегетаційного періоду був травень (125,5 мм). Середня температура повітря за 2014 рік становила 9,0 °С, що на 1,6 °С перевищувала рівень середньобогаторічних показників. Протягом вегетації (квітень–липень) середні показники температури повітря становили 16,2 °С у порівнянні до 14,9 °С середньобогаторічних температур. Протягом періоду вегетації квітень–липень відносна вологість повітря становила 64,5%, при 66,2% середньобогаторічному показнику.

У 2018 р. сума опадів склала 651,7 мм. Проте за період вегетації квітень–липень кількість опадів становила 211,1 мм, що на 65,9 мм менше за середньобогаторічний показник та на 140,3 мм менше, ніж у той же період 2014 року. Найвологішими місяцями протягом вегетації були червень–липень (82,4 та 92,9 мм), що мало суттєвий вплив на формування вегетативної маси, а в результаті і врожайності. Температура повітря в середньому за 2018 рік склала 9,2 °С і перевищувала рівень середньобогаторічних показників на 1,8 °С. У період вегетації середні показники температури повітря становили 18,1 °С, що на 3,1 °С вище середньобогаторічних температур за аналогічний період. Відносна вологість повітря упродовж вегетації 2018 р становила 74,8%, що на 1,2 відсоткових пункти нижче середньобогаторічного показника.

Погодні умови 2019 р. були менш сприятливими, ніж у 2014 р. Сумарна кількість опадів за період вегетації сочевиці (квітень–липень) склала 161,6 мм, що на 115,4 мм менше середньобогаторічного показника. Середня річна температура повітря була на рівні 10,4 °С, що вище багаторічної норми на 3,0 °С, у період вегетації – 17,5 °С, що на 2,58 °С вище середньобогаторічних температур. Відносна вологість повітря у вегетаційний період становила 67,5%, що на 0,3 відсоткових пункти менше середньобогаторічних показників відносно вологості повітря.

Таблиця 2.1

**Метеорологічні умови в роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)**

Рік	За рік	Місяці											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сума опадів, мм													
Середньобагаторічна	633,0	47,0	44,0	39,0	48,0	55,0	87,0	87,0	59,0	43,0	33,0	43,0	48,0
2014	607,5	48,3	5,3	15,7	100,0	125,5	73,0	52,9	15,6	82,6	35,7	29,7	23,2
2018	651,7	58,4	43,7	65,6	17,5	18,3	82,4	92,9	2,6	105,2	14,0	50,0	51,0
2019	376,6	55,1	23,8	16,3	22,4	35,6	69,8	33,8	19,2	30,6	10,3	14,0	45,7
Середня температура повітря, °С													
Середньобагаторічна	7,4	-5,7	-4,2	0,4	8,5	14,6	17,6	19,0	18,2	13,6	7,6	2,1	-2,4
2014	9,0	-3,9	-1,9	6,6	9,7	16,1	17,5	21,5	20,8	14,8	6,4	1,8	-2,0
2018	9,2	-3,0	-3,6	-1,5	13,5	17,9	20,2	20,7	22,1	15,8	10,0	0,1	-2,0
2019	10,4	-4,7	0,5	4,5	9,6	17,0	23,4	20,0	20,7	15,6	10,0	5,5	2,2
Відносна вологість повітря, %													
Середньобагаторічна	76,0	86,0	85,0	82,0	68,0	64,0	66,0	67,0	68,0	73,0	80,0	87,0	88
2014	75,0	88,0	78,0	76,0	64,0	63,0	66,0	65,0	63,0	68,0	60,0	82,0	86
2018	74,8	85,0	83,0	81,0	58,0	58,0	67,0	75,0	62,0	74,0	79,0	86,0	90
2019	73,9	86,0	82,0	68,0	62,0	72,0	69,0	67,0	63,0	66,0	80,0	84,0	88

Загалом погодні умови в роки проведення досліджень були сприятливими для вирощування сочевиці, проте з незначними відхиленнями, в основному за забезпеченістю рослин вологою, яка виступала лімітуючим чинником формування продуктивності посівів. Це знайшло своє відображення в одержаних експериментальних даних.

## 2.2. Схема дослідів та методика проведення досліджень

Експериментальну частину роботи виконували упродовж 2014, 2018, 2019 років у польових умовах навчально-виробничого відділу та лабораторних – науково-дослідної лабораторії «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології Уманського національного університету садівництва.

У досліді вивчали гелну форму міробного препарату (МБП) *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* (штам К-29, титр  $3,0\text{--}3,5 \times 10^9$  життєздатних бактерій в мл препарату), за допомогою якого виконували передпосівну обробку насіння з розрахунку 100 мл/га норму насіння або 1,0 л/т.

Штам культури *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* К-29 зберігається в колекції Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під № К-29.

*Морфолого-культуральні властивості штаму.* Вегетативні клітини. На гороховому агарі рН 6,8–7,0 при температурі 28–30 °С у чотирьохдобовій культурі мають форму паличок, грамнегативні. Тип джгутування – перитрихи. У міру старіння втрачають рухливість. Культура швидкоросла. При старінні культури утворюють бактероїди у вигляді оперезаних паличок. Характеристика росту на твердому середовищі (гороховий агар, 28–30 °С, рН 6,8–7,0): колонії з'являються на 2–3 добу, слизисті, напівпрозорі, випуклі, круглі, більше 2 мм у діаметрі. На вуглеводних середовищах ріст супроводжується утворенням великої кількості полісахаридного слизу.

*Фізіолого-морфологічні властивості.* Симбіонт. Макросимбіонт – бобова рослина. Відношення до кисню – аероб;  $t^{\circ}$  оптимальна 25–30  $^{\circ}\text{C}$ ; рН 6,8–7,0. Желатину не розріджує. Казеїн і агар не гідролізує. Штам не патогенний. Штам *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* К-29 зберігається на гороховому агарі при 4  $^{\circ}\text{C}$  і пересівається 2 рази на 6 місяців.

Виготовлення геліної форми міробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 виконували за методичними рекомендаціями А. В. Хотяновича [146] із використанням біологічного гелю екзополісахаридакриламід (ЕПАА-10) [147].

Титр біопрепарату визначали методом граничних розведень із висівом на гороховий агар, чистоту – на мясопептонний агар [148]. За огранолептичними характеристиками препарат коричневого кольору, має в'язку консистенцію та характерний запах.

Поряд з МБП вивчали регулятор росту рослин (РРР) Регоплант (Regoplant<sup>®</sup>), в. с. р. – біорегулятор третього покоління (регулятор росту рослин «Радостим»), що містить діючі речовини Емістиму С – 0,3 г/л; калієву сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1,0 мг/л; комплекс біогенних мікроелементів  $\text{B}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{Mo}^{6+}$  – загальна концентрація 1,75 г/л; лікарський засіб «Діамантовий зелений» – 0,01 г/л + Аверсектин С – природний комплекс, що складається з 8 індивідуальних авермектинів – 0,01 г/л [149]. Даний препарат використовували для обробки насінневого матеріалу (250 мл/т) і обприскування вегетуючих рослин (50 мл/га).

У досліді висівали сорт сочевиці вітчизняної селекції Лінза, оригінатори – Інститут зернового господарства УААН; Красноградська дослідна станція ІСГСЗ НААН України.

Технологія вирощування сочевиці була загальноприйнятою для Лісостепу України [141, 150–152].



Сорт середньостиглий, має відмінні смакові якості, прирівнюється до сорту Красноградська 250. Вміст білка в насінні до 27%, маса 1000 насінин – 58–60 г, колір рожево-зелений.

*Культура має стійкість* до вилягання 8 балів, до посухи – 8 балів, до осипання – 7 балів, до ураження основними хворобами – 5 балів (з 9 балів). Середня максимальна урожайність: 2,13 т/га [153].

*Морфологічні особливості.* Рослини кущової, компактної форми. Висота 54–55 см, пряморослі, без антоціанового забарвлення, з середньою інтенсивністю галуження. Суцвіття з трьома квітками на вузлі, квітка середнього розміру. Парус зеленого кольору з наявними фіолетовими смугами на ньому та відсутніми фіолетовими смугами на веслах. Листочки середні за розміром, оберненояйцеподібної форми, зеленого кольору середньої інтенсивності. Біб плоский, ромбоподібний, довжина 17–18 мм, форма верхівки бобу – від усіченої до гострої. Має 2 або 3 насінних зачатки. У фазі повної стигості колір бобу жовтий. Вегетаційний період 85 днів.

Полеві досліди закладали відповідно до нижченаведеної схеми:

1. Без застосування препаратів (контроль I);
2. РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I;
3. МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II;
4. МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III;
5. РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин);
6. Фон I + РРР Регоплант (50 мл/га);
7. Фон II + РРР Регоплант (50 мл/га);
8. Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га).

У варіанті 1 – не використовували препаратів, а виконували обробку водою; у варіанті 2 – проводили обробку насіння Регоплантом у нормі 250 мл/т – фон I; у 3 варіанті для передпосівної обробки застосовували гелъну форму мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-

29 (1,0 л/т) – фон II; у 4 варіанті мікробний препарат у вищезазначеній нормі використовували для передпосівної обробки насіння сочевиці в суміші з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) – фон III; у варіанті 5 проводили обробку вегетуючих рослин Регоплантом у нормі 50 мл/га; у 6 варіанті проводили обприскування вегетуючих рослин Регоплантом (50 мл/га) по фону передпосівної обробки насіння ним же в нормі 250 мл/т; у 7 варіанті – із передпосівною обробкою насіння гельною формою мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1,0 л/т) по сходах вносили Регоплант (50 мл/га); у 8 варіанті – проводили обприскування вегетуючих рослин Регоплантом (50 мл/га) по фону передпосівної обробки насіння МБП (1,0 л/т) у суміші з Регоплантом (250 мл/т).

Польові досліді закладали у триразовому повторенні з послідовним розміщенням варіантів. Площа дослідної ділянки – 90–100 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>. Сочевицю висівали з розрахунку 2,5 млн схожих насінин/га 120 кг/га [152].

Польові досліді закладали на дослідному полі Уманського НУС в короткоротаційній сівозміні кафедри біології з наступним чергуванням культур:

1. Ячмінь ярий з підсівом і без підсіву конюшини;
2. Конюшина, горох, кукурудза на силос, чорний пар;
3. Пшениця озима;
4. Соя, горох, сочевиця, нут;
5. Тритикале озиме, ячмінь озимий;
6. Кукурудза на зерно.

Обприскування посівів регулятором росту рослин виконували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3.

Детальний аналіз особливостей комплексної дії бактерій *Rhizobium leguminosarium biovar viceae* штам К-29 за різних способів застосування регулятора росту рослин Регоплант на функціонування азотфіксуючого

симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., проходження мікробних процесів у ґрунті та фізіолого-біохімічних у рослинах сочевиці виконували в умовах вегетаційного дослідження з дотриманням вимог вегетаційного методу [154] у чотирьохкратній повторності. Для цього використовували пластикові посудини, наповнені типовим ґрунтом, а саме – чорноземом опідзоленим важкосуглинковим. Обробку насіння досліджуваними препаратами виконували у відповідних нормах, розрахованих на масу насіння, а вегетуючих рослин – на площу – за концентрацією по відношенню до норм внесення у польових умовах. Обробку препаратами проводили в день висіву. Для обробки рослин РРР використовували ручний лабораторний обприскувач. У контрольованих умовах росту і розвитку рослин застосовували підсвічування люмінесцентними лампами (14–16 годин). З метою забезпечення рівномірного освітлення та температурного режиму посудини з рослинами періодично, через 2 доби, міняли місцями. Вегетаційний дослід закладали за схемою, аналогічною польовому дослідженню.

Основні дослідження та спостереження, аналізи в дослідженнях виконували згідно наступних методик:

– формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. оцінювали у фази бутонізації, цвітіння і наливу бобів сочевиці за кількістю і масою бульбочок на кореневій системі культури згідно методики, описаної В. В. Волкогоном і ін. [148], вміст у бульбочках леггемоглобіну – за Г. С. Посипановим і ін. [155];

– розвиток симбіотичних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці досліджували за методикою, описаною В. В. Волкогоном і ін. [148]: зокрема суспензію із бульбочкової тканини висівали на гороховому живильному середовищі з наступним інкубуванням і обрахунком отриманих колоній;

– ізоляцію та ідентифікацію нового штаму бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* виконували за методиками В. В. Волкогона та ін. [148] з визначником Бергі [156];

– ріст і розвиток асоціативних бактерій роду *Azotobacter* оцінювали на безазотистому живильному середовищі Ешбі за обростанням колоніями ґрунтових грудочок, роду *Clostridium* – на середовищах В. Т. Ємцева і С. М. Виноградського [155, 157];

– загальну чисельність мікроорганізмів у ризосфері сої визначали за загальноприйнятими методиками, описаними І. В. Алексєєвою та ін. [158]: зокрема загальну чисельність бактерій визначали шляхом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на МПА, мікроміцетів – на Чапека, актиноміцетів – на ККА, амоніфікувальних, нітрифікувальних – на елективних середовищах С. М. Виноградського, целюлозолітичних – на середовищі на О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту;

– активність ґрунтових ферментів: каталази – за методикою Джонсона і Темпле [158], інвертази та протеази – за методиками, описаними З. М. Грицаєнко зі співавторами [159];

– висоту, надземну масу рослин визначали за методиками З. М. Грицаєнко та ін. [159];

– площу листової поверхні (ПЛП) визначали за методикою З. М. Грицаєнко та ін. [159]:

$$S = D \times W \times K, \text{ де:}$$

$D$  – довжина листка;

$W$  – ширина листочка в найширшому місці;

$K$  – перевідний коефіцієнт 0,74.

– чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ, г/м<sup>2</sup> за добу) розраховували за формулою згідно методики А. О. Ничипоровича [159]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \times (L_1 + L_2) \times t}, \text{ де}$$

$B_1, B_2$  – суха маса рослин на початку і в кінці облікового періоду, г;

$(B_2 - B_1)$  – приріст сухої маси за обліковий період, г;

$L_1$  і  $L_2$  – площа листків на початку і в кінці облікового періоду, м<sup>2</sup>;

$t$  – період між двома обліками, діб.

– вміст хлорофілів  $a$  і  $b$ , суми хлорофілів  $(a+b)$ , каротиноїдів у листках сочевиці визначали за загальноприйнятими методиками [159, 160] з використанням спектрофотометра LEKI SS1104. Концентрацію пігментів розраховували за рівняннями D. Wettstein для 100 %-го ацетону:

$$C_a = 9,784D_{662} - 0,990D_{644}$$

$$C_b = 21,426D_{644} - 4,650D_{622}$$

$$C_{a+b} = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}$$

$$C_{\text{кар.}} = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{a+b}, \text{ де}$$

$C_a; C_b; C_{a+b}$  і  $C_{\text{кар.}}$  – відповідно концентрації хлорофілів  $a, b$  їх суми та каротиноїдів, мг/г сирової речовини;

$D$  – експериментально одержані величини оптичної щільності за відповідних довжин хвиль.

– облік урожаю виконували поділянково, збиранням і обмолочуванням валків комбайном «Сампо» з наступним зважуванням і перерахунком на стандартну вологість [161].

– оцінку якості зерна сочевиці, зокрема маси тисячі зерен проводили згідно ДСТУ ISO 520:2015 [162], вміст у зерні білку визначали спектрофотометричним методом [163–165].

– економічну ефективність використання препаратів розраховували за загальноприйнятими методиками на основі діючих нормативів, енергетичний аналіз – за рекомендаціями, викладеними О. К. Медведовським і ін. [166];

– статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного та кореляційного аналізів, описаними Б. А. Доспеховим [167].

## РОЗДІЛ 3

### ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM BIOVAR VICEAE – LENS CULINARIS* MEDİK. ТА МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

#### 3.1. Симбіотичний апарат *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik.

Зернобобові, серед яких упродовж останніх років відновлює свою популярність сочевиця, є не лише цінним джерелом амінокислот і рослинного білка, а й важливим складником функціонування бобово-ризобіального симбіозу, завдяки якому зв'язуються значні кількості атмосферного азоту та покращуються фізико-хімічні показники ґрунту [168–171].

Зважаючи на це, у технологіях вирощування зернобобових культур значно зростає перспектива ефективного використання мікробних препаратів, що доведено результатами багатьох досліджень [172, 173]. Проте, слід відзначити, що, незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування мікробіоценозів ґрунту, в літературі недостатньо проаналізовано формування симбіотичного апарату бобових рослин за дії мікробних і рістрегулюючих препаратів, що вказує на важливість даного дослідження.

Від забезпечення сільськогосподарських культур елементами мінерального живлення, в тому числі й доступними формами азоту, залежить формування високої врожайності посівів. У зв'язку з цим, важливого практичного та екологічного значення в сільському господарстві набуває біологічна азотфіксація атмосферного азоту і трансформація його в легкодоступні форми, яка реалізується за рахунок симбіозу бобових рослин із бульбочковими бактеріями. Завдяки цій унікальній здатності зернобобові

культури за вегетаційний період засвоюють близько 130–390 кг/га азоту повітря [173].

За даними В. Ф. Петриченка та ін. [174], за передпосівної обробки насіння сої інокулянт *Оптімайз 200* у фазі завершення цвітіння культури спостерігалось збільшення на кореневій системі рослин кількості бульбочок порівняно з варіантом без обробки насіння у сорту Монада на 22,1%, КиВін – 32,3% та Княжа – 32,4%, їх маса збільшувалась на 36,0, 38,8 та 50,2% відповідно. Ю. І. Івасюк, В. П. Карпенко та Р. М. Притуляк [169] також констатують зростання кількості бульбочок на коренях сої за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт у суміші з регулятором росту рослин Регоплант у період проходження фази бутанізації в порівнянні з контролем на 12 шт./рослину, їх маси – на 0,23 г/рослину.

За даними досліджень О. О. Алексєєва [6], кількість бульбочок на кореневій системі сої зростала за дії передпосівної інокуляції насіння Ризобофітом (*Bradyrhizobium japonicum* штам М-8) у сорту Горлиця у фазу бутонізації на 14,4 шт., сорту КиВін – 12,7 шт., а у фазу кінець цвітіння – 37,3 шт. і 36,5 шт. відповідно. На жаль, комплексна дія біологічних препаратів (бульбочкових бактерій і регуляторів росту рослин) на формування бобово-ризобіального апарату в посівах сочевиці майже не вивчалася. У зв'язку з цим, важливим було дослідити комбінований вплив МБП та РРР на формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* – *Lens culinaris* Medik. та виявити лімітуючі чинники, що обмежують інтенсивність процесів азотфіксації рослин.

Здатність бобово-ризобіальних систем до інтенсивної фіксації атмосферного азоту характеризується за показником ефективної взаємодії рослини і ризобій, тобто за кількістю та масою активних бульбочок на коренях бобових [175].

Облік зміни кількості активних бульбочок та їх маси засвідчив залежність формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* – *Lens culinaris* Medik. від роздільного та комплексного

використання мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	9 / 8,7*	6 / 9,3	7 / 8,2	7 / 8,4
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	11 / 9,4	6 / 8,9	9 / 9,2	9 / 9,2
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	20 / 31,7	18 / 26,8	18 / 25,6	19 / 28,0
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	26 / 35,9	20 / 32,6	23 / 31,1	23 / 33,3
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	9 / 8,6	7 / 10,3	9 / 8,8	8 / 9,2
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	12 / 10,1	10 / 11,2	9 / 10,8	10 / 10,7
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	21 / 36,4	17 / 31,5	26 / 34,9	21 / 34,3
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	29 / 37,4	23 / 36,4	28 / 36,1	27 / 36,6
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,9 / 1,1	0,7 / 1,0	0,8 / 1,0	–

*Примітка:*\* до rischi – кількість бульбочок, шт./рослину; після rischi – маса бульбочок, мг/рослину.

У варіанті без застосування препаратів (контроль) кількість бульбочок на кореневій системі сочевиці у фазі бутонізації становила у 2014 р. 9 шт./рослину, у 2018 р. – 6 шт./рослину, у 2019 р. – 7 шт./рослину, їх маса – 8,7; 9,3 і 8,2 мг/рослину відповідно. Тенденція до формування меншої кількості та маси бульбочок у 2018, 2019 рр. (відповідно і в інші фази розвитку культури) засвідчує безпосередній вплив на формування бобово-ризобіального апарату погодних умов, зокрема меншої кількості опадів у дані роки.



У 2014 р. на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом та обприскування ним же вегетативної маси рослин відмічено збільшення кількості бульбочок у порівнянні з контролем у фазі бутонізації сочевиці у середньому на 3 шт./рослину, їх маси – 1,4 мг/рослину. Очевидно, що зростання кількості та маси бульбочок у варіанті з комплексним використанням РРР (обробка насіння та вегетуючих рослин) обумовлено активізацією проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів, чим зумовлювався і більш позитивний вплив на формування спонтанного бобово-симбіотичного апарату сочевиці [176].

Одержані експериментальні дані за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом (фон II) засвідчили зростання кількості бульбочок на коренях сочевиці у порівнянні з контролем у фазі бутонізації у 2,2 рази, їх маси – 3,6 рази, а за внесення по фону II Регопланту – у 2,3 і 4,2 рази відповідно.

Найвищі кількісно-вагові показники бобово-ризобіального апарату сочевиці формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту. Таке поєднання біопрепаратів забезпечило збільшення числа бульбочок у фазі бутонізації сочевиці у 2014 р. до контролю у 3,2 а їх маси – у 4,3 рази.

У 2018 р. були відмічені подібні залежності у формуванні симбіотичного апарату сочевиці за дії МБП і РРР, що й у 2014 р. Так, за обприскування сочевиці Регоплантом спонтанне наростання бульбочок у фазі бутонізації на кореневій системі перевищувало контрольний варіант на 17%, а їх маса – 11%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування симбіотичного бобоворизобіального апарату більшого у відношенні до контролю на 67 і 20% відповідно за кількістю і за масою. Водночас, за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 показники кількості та маси бульбочок перевищили контроль у фазі

бутонізації на 200% і 188% відповідно. Високі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (50 мл/га), де кількість бульбочок у фазі бутонізації складала 23 шт./рослину, їх маса – 36,4 мг/рослину.

Подібні залежності у формуванні симбіотичного апарату сочевиці за дії МБП і РРР були відмічені і в 2019 році. Так, за результатами досліджень у фазі бутонізації сочевиці у варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів кількість бульбочок перевищувала контроль на 29%, їх маса – 12%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищезазначених показників відносно контролю на 29 і 32% відповідно. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці забезпечила зростання кількісно-вагових показників симбіотичного апарату до варіанту без застосування препаратів за кількістю бульбочок на 16 шт./рослину та за масою – 22,9 мг/рослину. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі сочевиці та, як результат, перевищення їх кількості відносно контролю у 3,3 рази, а за масою – 3,8 рази відповідно. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату із рістрегулятором, де досліджувані показники перевищували варіант без застосування препаратів у 4,0 рази за кількістю бульбочок і в 4,4 – масою.

У середньому за роки досліджень за обприскування сочевиці Регоплантом спонтанне наростання бульбочок у фазі бутонізації на кореневій системі перевищувало контрольний варіант на 14%, а їх маса – 10%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування спонтанного симбіотичного апарату більшого у відношенні до контролю на 43 і 27% відповідно за кількістю і за масою. Водночас, за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом

*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 показники кількості та маси бульбочок перевищили контроль у фазі бутонізації на 171% і 233% відповідно. Найвищі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (50 мл/га), де кількість бульбочок у фазі бутонізації перевищувала контроль на 20 шт./рослину, їх маса – на 28,2 мг/рослину.

Формування симбіотичного апарату сочевиці залежало не лише від застосовуваних препаратів, а й від фаз розвитку культури, про що в своїх дослідженнях на різних культурах повідомляють й інші науковці [19, 107]. Так, у варіантах досліду із застосуванням МБП, МБП + Регоплант 50 мл/га, МБП + Регоплант 250 мл/т, МБП + Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га кількість бульбочок на кореневій системі сочевиці у фазі цвітіння зроста в порівнянні до фази бутонізації у середньому в 2,2–2,8 рази, а їх маса – 2,8–3,9 рази відповідно (табл. 3.2).

У 2014 р. за передпосівної обробки насіння Регоплантом кількість та маса бульбочок перевищували показники контрольного варіанту на 14 і 48%, мікробним препаратом – 71 і 300% відповідно. За обприскування сочевиці Регоплантом зафіксовано перевищення контрольного варіанту за кількістю бульбочок у фазі цвітіння на 7% та масою – 51%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджуваних показників, де перевищення контролю складало 29 і 59% відповідно.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість і маса бульбочок зростали у порівнянні з контролем на 136 і 368%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 157 і 412% відповідно.

Аналогічна залежність із формуванням кількості і маси бульбочок у посівах сочевиці простежувалася і в 2018 та 2019 роках. Так, за результатами

досліджень у 2018 році за використання Регопланту для обробки посівів кількість бульбочок перевищувала контроль на 9%, їх маса – 9%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищезазначених показників відносно контролю на 27 і 143% відповідно. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці сприяла перевищенню кількості і маси бульбочок до варіанту без застосування препаратів за кількістю на 18 шт./рослину, за масою – 97,2 мг/рослину. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі сочевиці за їх кількістю відносно контролю у 3,1 рази, за масою – 3,3 відповідно.

Таблиця 3.2

**Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	14 / 66,6*	11 / 79,2	13 / 82,4	13 / 76,0
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	16 / 98,3	12 / 86,5	15 / 96,8	14 / 93,9
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	24 / 266,4	29 / 176,4	30 / 180,2	28 / 207,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	33 / 311,9	34 / 263,7	35 / 214,1	34 / 263,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	15 / 100,7	12 / 93,1	14 / 84,3	14 / 92,7
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	18 / 106,1	14 / 192,8	15 / 199,5	16 / 166,1
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	26 / 270,0	30 / 225,6	34 / 231,4	30 / 242,3
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	36 / 341,1	36 / 303,8	37 / 245,1	36 / 296,7

*Примітка:*\* до риски – кількість бульбочок, шт./рослину; після риски – маса бульбочок, мг/рослину.

Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату із рістрегулятором, де досліджувані показники перевищували варіант без застосування препаратів на 227% за кількістю бульбочок на 283% – масою.

У 2019 р. за самостійної дії МПБ (1,0 л/т) чисельність бульбочок перевищувала контроль на 130%, їх маса – на 118%, за самостійної дії РРР (250 мл/т) – на 15 і 17% відповідно. У варіантах сумісного застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин збільшення кількості та маси бульбочок на коренях рослин сочевиці відносно контролю складало 2,7 і 2,6 рази відповідно. Найвищі кількісно-вагові показники формування симбіотичного апарату на коренях сочевиці у 2019 році були відмічені за комплексного використання МБП із РРР Регоплант для передпосівного обробітку насіння та з внесенням по даному фоні Регопланту, що забезпечило наростання кількості та маси бульбочок на коренях сочевиці відносно варіанту без застосування препаратів (контроль) на 161; 184% та 180; 197% відповідно.

У середньому за роки досліджень за обприскування сочевиці Регоплантом спонтанне наростання бульбочок у фазі цвітіння на кореневій системі перевищувало контрольний варіант на 8%, а їх маса – 24%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування спонтанного симбіотичного апарату більшого у відношенні до контролю на 23 і 118% відповідно за кількістю і за масою. Водночас, за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 показники кількості та маси бульбочок перевищили контроль у фазі бутонізації на 115% і 173% відповідно. Найвищі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (50 мл/га), де кількість бульбочок у фазі цвітіння перевищувала контроль на 177%, їх маса – на 290%.

У фазу наливу бобів простежувалась подібна закономірність у формуванні симбіотичного апарату сочевиці, що й в попередні фази росту і розвитку культури (табл. 3.3). Так, у 2014 році у варіанті із передпосівною обробкою насіння мікробним препаратом чисельність бульбочок перевищувала контроль на 55%, їх маса – на 135%, регулятором росту рослин – на 5 і 5% відповідно. У варіантах сумісного застосування МБП і РРР перевищення кількості та маси бульбочок на на коренях рослин сочевиці відносно контролю складало 80 і 188% відповідно.

Таблиця 3.3

**Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці за використання МБП і РРР (фаза наливу бобів)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	20 / 126,1*	16 / 84,3	19 / 89,4	18 / 99,9
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	21 / 133,0	20 / 127,4	19 / 106,8	20 / 122,4
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаб К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	31 / 296,7	31 / 245,0	32 / 224,2	31 / 255,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаб К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	36 / 364,4	37 / 296,9	36 / 301,3	36 / 320,9
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	23 / 137,3	22 / 130,0	20 / 132,3	22 / 133,2
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	24 / 135,6	19 / 134,7	26 / 139,2	23 / 136,5
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	35 / 350,6	34 / 269,1	37 / 291,6	41 / 303,8
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	39 / 371,6	41 / 316,4	45 / 345,1	42 / 344,4
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,4 / 12,0	1,4 / 9,2	1,5 / 10,2	–

*Примітка:*\* до rischi – кількість бульбочок, шт./рослину; після rischi – маса бульбочок, мг/рослину.

Найвищі показники формування бульбочок на коренях сочевиці у 2014 році були відмічені за комплексного використання МБП із РРР Регоплант для передпосівної обробки насіння із внесенням по даному фону Регопланту, що забезпечило наростання кількості і маси бульбочок на коренях сочевиці відносно варіанту без застосування препаратів (контроль) на 95 і 195% відповідно.

У 2018 р. були відмічені подібні залежності у формуванні симбіотичного апарату сочевиці у фазу наливу бобів за дії МБП і РРР, що й у 2014 р. Так, за обприскування сочевиці Регоплантом спонтанне наростання бульбочок у фазі наливу бобів на кореневій системі перевищувало контрольний варіант на 25%, а їх маса – 51%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування спонтанного симбіотичного апарату більшого у відношенні до контролю на 19 і 60% відповідно за кількістю і за масою. Водночас, за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 показники кількості та маси бульбочок перевищили контроль у фазі наливу бобів на 94% і 191% відповідно. Високі показники формування симбіотичного апарату спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння сумішшю МБП і РРР із наступним внесенням останнього під час вегетації культури (50 мл/га), де кількість бульбочок у фазі наливу бобів перевищувала контроль на 25 шт./рослину, їх маса – 232,1 мг/рослину.

Аналогічним було формування симбіотичного апарату сочевиці за дії МБП і РРР і в 2019 році. Так, за результатами досліджень у фазі наливу бобів сочевиці у варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів кількість бульбочок перевищувала контроль на 5%, їх маса – 48%. Поєднане застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищеназваних показників відносно контролю на 37 і 56% відповідно. Передпосівна обробка насіння сочевиці забезпечила перевищення кількості і маси бульбочок до варіанту без застосування

препаратів за кількістю бульбочок на 13 шт./рослину і 134,8 мг/рослину за масою. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі сочевиці та, як результат, перевищення їх кількості відносно контролю на 89%, а за масою – на 237% відповідно. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату із рістрегулятором, де досліджувані показники перевищували варіант без застосування препаратів у 2,4 рази за кількістю бульбочок та в 3,9 – масою.

У середньому за роки досліджень у фазу наливу бобів у варіанті з передпосівною обробкою насіння Регоплантом кількість та маса бульбочок перевищували показники контрольного варіанту на 11 і 23%, мікробним препаратом – 72 і 156% відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю за кількістю бульбочок складало 100%, масою – 221%.

За обприскування сочевиці Регоплантом відмічено перевищення контрольного варіанту за кількістю бульбочок у фазі утворення бобів на 22%, масою – 33%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджуваних показників у відношенні до контролю на 28 і 37% відповідно.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість і маса бульбочок зростали у порівнянні з контролем на 128 і 204%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 133 і 245% відповідно.

Таким чином, з наведеного експериментального матеріалу можна зробити висновки, що формування симбіотичного апарату сочевиці залежало як від погодних умов, так і від комбінування досліджуваних препаратів. Найактивніше формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. відбувалось у варіанті досліду із



передпосівною обробкою насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням РРР Регопланту по сходах, що в середньому за роки досліджень забезпечувало зростання кількості бульбочок залежно від фази розвитку на 133–286% (2,3–3,9 рази), їх маси – 245–336% (3,4–4,4 рази). Зростання кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці знаходилось в чіткій залежності від спрямованості проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, які, в свою чергу, обумовлювались комбінуванням у технології вирощування сочевиці використання регулятора росту рослин і мікробного препарату.

### **3.2. Розвиток бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* у бульбочках сочевиці.**

У симбіотичному стані для бульбочкових бактерій екологічною нішею є бульбочки [176, 177]. Вони захищають бактерії від дії зовнішніх несприятливих чинників та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді фотоасимілятів [178–180]. Бактерії, у свою чергу, надають рослинам продукти біологічної фіксації азоту, необхідні для побудови рослинного організму. В результаті взаємодії генетично гетерогенної популяції вірулентних ризобій з рослиною–господарем у ній збільшується частка штамів, які здатні активно фіксувати азот повітря [181]. Згідно «альтруїстичної» моделі [182], відбір на підтримку генів азотфіксації відбувається завдяки «альтруїзму» не бактерій у відношенні до рослини, а одних бактеріальних клітин (бактероїдів) у відношенні до інших (недиференційованих бактерій). Слід також відмітити, що симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є вигідним для макросимбіонта лише за умов дефіциту зв'язаних форм азоту, а за наявності азотовмісних сполук утворення бульбочок не завжди покращує розвиток рослин [183–185]. Відносини бульбочкових бактерій з зовнішнім середовищем у цей період

регулюються рослиною-господарем, а вплив ґрунту проявляється тільки опосередковано. Чинники, які негативно діють на рослину, в такій же мірі діють і на розвиток бульбочкових бактерій та на функціонування бульбочок [185].

Негативний антропогенний вплив на бульбочкові бактерії проявляється у застосуванні в сільськогосподарській практиці речовин, які порушують природну взаємодію ризобій з рослиною-господарем, що може призвести до спрощення біологічних систем [177, 178]. Водночас, під впливом несприятливих чинників довкілля обмежується розмір та активність популяцій бульбочкових бактерій у природних екотопах, чим визначається продуктивність рослинно-мікробних систем [186–189].

Зважаючи на вищенаведене, одним із завдань наших досліджень було встановити вплив мікробного препарату і регулятора росту рослин на розвиток та активність бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у тканинах бульбочок сочевиці.

У результаті проведених досліджень встановлено різний вплив від роздільного і комплексного використання мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і РРР Регоплант на формування чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці (табл. 3.4). Так, у 2014 році за посходового обприскування посівів Регоплантом чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 9%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – 21%, водночас за посходового внесення РРР по фону І – 29%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі бутонізації за чисельністю *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* становило 35%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках

сочевиці у всі роки досліджень, проте, у 2014 році їх чисельність була більшою за контроль на 46%.

Таблиця 3.4

**Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці ( $10^3$  КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1059	938	943	980
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1281	1088	1042	1137
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1429	1163	1200	1264
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1493	1182	1234	1303
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1154	985	1008	1049
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1366	1144	1165	1225
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1503	1247	1279	1343
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1546	1285	1345	1392
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	67,7	56,5	57,6	–

Подібна тенденція формування кількості азотфіксувальних бактерій у фазу бутонізації у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена і в 2018 та 2019 роках. Так, у за результатами досліджень у 2018 р. у фазі бутонізації за використання Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль на 16%.

Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищеназваного показника відносно контролю

на 21% відповідно. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці забезпечила перевищення чисельності бактерій до варіанту без застосування препаратів за кількістю *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* на 24%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з PPP зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій у порівнянні до контролю на 26%. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 37%.

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 7%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же PPP – 11%, водночас за посходового внесення PPP по фоні I – 24%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі бутонізації за чисельністю *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* становило 27%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці, де перевищення до контролю становило 43%.

У середньому за роки досліджень у фазу бутонізації у варіанті з передпосівною обробкою насіння Регоплантом кількість азотфіксувальних бульбочкових бактерій перевищувала показники контрольного варіанту на 16%, мікробним препаратом – 29% відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю складало 33%.

За обприскування сочевиці Регоплантом відмічено перевищення контрольного варіанту за кількістю бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у фазі бутонізації на 7%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів)

забезпечило формування вищого показника чисельності бактерій у відношенні до контролю на 25% відповідно.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці зростала у порівнянні з контролем на 37%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 42% відповідно.

У фазу цвітіння сочевиці чисельність бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* у бульбочках сочевиці була значно вищою у порівнянні з фазою бутонізації (табл. 3.5), що узгоджується з дослідженнями інших науковців [190].

Таблиця 3.5

**Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* у бульбочках сочевиці ( $10^3$  КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1940	1657	1691	1763
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	2719	2293	2188	2400
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	2857	2507	2459	2608
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	3030	2577	2542	2716
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	2277	2010	2006	2098
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	2766	2391	2407	2521
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	3039	2575	2736	2783
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	3280	2620	2756	2885
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	136	116	117	–

Так, у 2014 році за посходового обприскування посівів Регоплантом у фазі цвітіння чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 17%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – 40%, водночас за посходового внесення РРР по фону I – 43%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі цвітіння за чисельністю *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* становило 47%. Поєднане застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП з РРР Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури забезпечило найактивніший розвиток азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці у всі роки досліджень, проте у 2014 році їх чисельність була більшою за контроль на 69%.

Подібна тенденція у формуванні кількості азотфіксувальних бактерій у фазі цвітіння у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена і в 2018 та 2019 рр. досліджень. Так, за результатами досліджень у 2018 році у фазі цвітіння за використання Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль на 38%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищеназваного показника відносно контролю на 44%. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці зумовила перевищення кількості *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у порівнянні до контролю на 51%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі сочевиці та, як результат, перевищення їх кількості відносно контролю на 56%. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фону комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 58%.

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*

у бульбочках сочевиці зростала проти контролю на 19%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – 29%, водночас за посходового внесення РРР по фону I – 42%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі цвітіння за чисельністю *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* становило 45%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці, де у фазі цвітіння перевищення до контролю складало 50%. Це обумовлювалось кращими умовами вологозабезпечення.

Результати з визначення чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці у період цвітіння показали, що найкращі умови для їх розвитку склались у 2014 році, де кількість бактерій була більшою на 15–17% у порівнянні з 2018, 2019 роками.

У середньому за роки досліджень у варіанті з передпосівною обробкою насіння Регоплантом кількість бульбочкових бактерій в сирій масі бульбочок у фазу цвітіння перевищувала показники контрольного варіанту на 36%, мікробним препаратом – 48% відповідно, тоді як за поєднаної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю складало 54%. Так, чисельність бактерій у спонтанних бульбочках, що утворювались на коренях рослин у варіанті з обробкою вегетативної маси рослин Регоплантом в середньому за роки досліджень перевищувала контроль на 19%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджуваних показників у відношенні до контролю на 43%.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість бульбочкових бактерій зростала у порівнянні з контролем на 58%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 64%.

У фазу утворення бобів простежувалась подібна залежність у розвитку азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці, що й у попередні фази (табл. 3.6), проте їхня чисельність знижувалась відносно фази цвітіння, що пояснюється гальмуванням обмінних процесів між партнерами симбіозу та як результат – поступовим відмиранням бульбочок, лізисом бактероїдів, перетворенням їх у дрібні кулеподібні клітини [191].

Таблиця 3.6

**Чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* у бульбочках сочевиці ( $10^3$  КУО/г тканини бульбочок) за використання МБП і РРР (фаза утворення бобів)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1122	1023	1001	1049
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1242	1121	1099	1154
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1276	1141	1104	1174
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1263	1151	1128	1181
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1187	1036	1043	1085
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	1288	1163	1154	1201
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	1327	1179	1161	1222
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	1363	1229	1176	1256
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	61,8	56,2	53,5	–

За внесення у посівах сочевиці РРР Регоплант 50 мл/га чисельність азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* у бульбочках даної культури у фазу утворення бобів зростала у 2014, 2018, 2019 роках



відповідно на 6; 1 і 4%. Водночас, передпосівна обробка даним препаратом ініціювала зростання досліджуваного показника до 11; 10 і 10% відносно контролю.

За передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 чисельність бульбочкових бактерій перевищували контроль на 14; 12 та 10% за роками досліджень, тоді як у варіанті Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га) – 18; 15 і 16% відповідно.

Найактивніший розвиток бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* був зафіксований у варіанті досліду із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 разом із РРР Регоплант, де перевищення до контролю складало в середньому за роки досліджень 20%.

Таким чином, застосування мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант (передпосівна обробка насіння та обприскування посівів) позитивно впливає на функціонування симбіотичного апарату сочевиці, що виражається в зростанні чисельності в бульбочках азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*. Проте, найбільша їх кількість простежується за комплексного використання для обробки перед сівбою насіння МБП із РРР з наступним обприскуванням посівів по даному фоні РРР, де перевищення чисельності бактерій у бульбочках у середньому за фазами розвитку культури складало до контролю 20–64% відповідно.

### 3.3. Синтез леггемоглобіну

Ефективність функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medic. залежить від наявності в бульбочках леггемоглобіну [120, 179, 192] – спеціального червоного

пігменту, який надає їм рожевого забарвлення та сприяє фіксуванню атмосферного азоту.

Бобові рослини, в тому числі й сочевиця, беруть участь у синтезі леггемоглобіну бульбочок разом з бульбочковими бактеріями, який, у свою чергу, зв'язуючи кисень, виконує функцію захисту чутливої до нього нітрогенази.

Г. С. Посипанов [193] довів, що найбільш інтенсивно бобові рослини синтезують леггемоглобін у фазі цвітіння.

За результатами наших досліджень встановлено позитивний вплив досліджуваних нами біологічних препаратів на накопичення в бульбочках сочевиці леггемоглобіну (табл. 3.7). Так, у фазу бутонізації, вміст леггемоглобіну у бульбочках, що були інфіковані аборигенними популяціями, був досить низьким. За посходового обприскування посівів Регоплантом вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці у 2014 р. зростав проти контролю у 5 разів, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – у 9 разів, водночас за посходового внесення РРР по фоні І – у 16 разів. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі бутонізації за вмістом леггемоглобіну становило 10 разів. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури забезпечило найактивніше накопичення леггемоглобіну з перевищенням контролю у 26 разів.

Подібна тенденція накопичення леггемоглобіну у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена і в 2018 та 2019 роках. Так, за результатами досліджень у 2018 році у фазі бутонізації за використання Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль у 5 разів. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вмісту леггемоглобіну відносно контролю в 11 разів. Інокуляція насіння сочевиці мікробним препаратом забезпечила зростання вмісту леггемоглобіну у 10 разів. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з

PPP забезпечила підвищення вмісту леггемоглобіну у бульбочках сочевиці відносно контролю у 14 разів. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де перевищення до контролю складало 16 разів.

Таблиця 3.7

**Вміст леггемоглобіну (мг/г сирової речовини) в бульбочках сочевиці за дії МБП і PPP (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	0,04	0,06	0,02	0,04
PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	0,36	0,29	0,30	0,29
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	0,40	0,41	0,35	0,39
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	0,74	0,81	0,90	0,82
PPP Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	0,21	0,18	0,23	0,21
Фон I + PPP Регоплант (50мл/га)	0,62	0,65	0,57	0,61
Фон II + PPP Регоплант(50 мл/га)	0,67	0,71	0,69	0,69
Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га)	1,02	0,96	0,88	0,95
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,03	0,02	0,02	–

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом у фазі бутонізації досліджуваній показник зростав проти контролю у 11 разів, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же PPP – 15%, водночас за посходового внесення PPP по фоні I – у 28 разів. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі бутонізації за вмістом леггемоглобіну становило 17 разів. Сумісне застосування

передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант сприяло збільшенню досліджуваного показника у бульбочках сочевиці проти контролю у 45 разів, а з наступним внесенням останнього під час вегетації культури – у 44 рази.

У середньому за роки досліджень у фазу бутонізації у контрольному варіанті вміст леггемоглобіну був на рівні 0,04 мг/г сирої речовини.

У варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль на 0,25 мг/г сирої речовини. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вмісту леггемоглобіну на 0,57 мг/г сирої речовини. Передпосівна інокуляція насіння сочевиці забезпечила перевищення вмісту леггемоглобіну до контролю на 0,35 мг/г сирої речовини. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з PPP зумовила активізацію розвитку бульбочкових бактерій у кореневій системі сочевиці та, як результат, перевищення вмісту леггемоглобіну відносно контролю на 0,78 мг/г сирої речовини. Проте найвищі показники були відмічені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексної обробки насіння мікробним препаратом із PPP, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 0,91 мг/г сирої речовини.

У фазу цвітіння найвищий вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці простежувався у 2014 р., що узгоджується з оптимальними показниками волого- і теплозабезпечення рослин (табл. 3.8). Водночас, у 2014 р. найнижчі показники вмісту леггемоглобіну були встановлені в контролі та у варіантах із самостійним використанням Регопланту, що може свідчити про низьку азотфіксувальну здатність спонтанних бульбочкових утворень.

За використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 як самостійно, так і в комплексі з PPP Регоплант, вміст леггемоглобіну в бульбочках сочевиці зростав і перевищував показник у контролі в середньому на 140–239% для 2014 р.; 182–204% для 2018 р. та – 285–364% для 2019 р. досліджень. У середньому за роки досліджень у фазу цвітіння

найвищий вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці сорту Лінза було зафіксовано у варіанті посходового внесення Регопланту по фону обробки насіння сумішшю регулятора росту рослин з мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, де перевищення варіанту без застосування препаратів складало 4,98 мг/г сирової маси бульбочок.

Таблиця 3.8

**Вміст леггемоглобіну (мг/г сирової речовини) в бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	2,18	1,76	1,28	1,74
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	3,00	2,79	2,88	2,89
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	5,23	4,96	4,93	5,04
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	7,39	5,36	5,94	6,23
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	2,83	2,09	1,86	2,26
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	3,02	2,86	3,93	3,27
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	5,28	4,87	5,18	5,11
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	7,52	5,49	7,15	6,72
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,23	0,19	0,21	–

У фазі утворення бобів у варіантах досліджу було відмічене зниження вмісту леггемоглобіну в бульбочках сочевиці у порівнянні з попередньою фазою (табл. 3.9). Вочевидь, у результаті можливого руйнування гемового ядра леггемоглобіну та перетворенням його у зелений пігмент холіглобін, відбувалась поступова втрата бульбочками рожевого забарвлення, зміна їхньої форми та структури [194]. Так, у 2014 році у фазі утворення бобів за

посходового обприскування посівів Регоплантом вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці зростав проти контролю на 11%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – на 65%, водночас за посходового внесення РРР по фоні I – на 110%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю за вмістом леггемоглобіну становило 121%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням останнього під час вегетації культури сприяло найактивнішому накопиченню леггемоглобіну у бульбочках сочевиці за одночасного перевищення до контролю у 3 рази.

Таблиця 3.9

**Вміст леггемоглобіну (мг/г сирової речовини) в бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР (фаза утворення бобів)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1,21	1,26	1,40	1,29
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1,99	2,07	1,91	1,99
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	2,68	2,79	2,84	2,77
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	3,66	3,81	3,42	3,63
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,34	1,39	1,58	1,44
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	2,54	2,64	2,57	2,58
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	3,12	3,24	3,02	3,13
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	3,97	4,13	4,08	4,06
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	1,13	1,12	1,13	–

Подібна тенденція з накопиченням леггемоглобіну у бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР була відмічена і в 2018 та 2019 роках. Так, за

результатами досліджень 2018 р. у фазі утворення бобів за використання Регопланту для обробки посівів даний показник перевищував контроль на 10%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вмісту леггемоглобіну відносно контролю у 2 рази. Інокуляція насіння сочевиці сприяла зростанню вмісту леггемоглобіну до варіанту без застосування препаратів на 121%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР зумовила підвищення вмісту леггемоглобіну у бульбочках сочевиці до контролю на 202%. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин, де досліджуваний показник перевищував варіант без застосування препаратів на 228%.

У 2019 році за посходового обприскування посівів Регоплантом у фазі утворення бобів досліджуваний показник зростав проти контролю на 13%, тоді як у варіанті передпосівної обробки насіння цим же РРР – 36%, водночас за посходового внесення РРР по фоні І – у 2 рази. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці МБП перевищення до контролю у фазі утворення бобів за вмістом леггемоглобіну становило 103%. Сумісне застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант сприяло збільшенню досліджуваного показника у бульбочках сочевиці проти контролю на 144%, з наступним внесенням останнього під час вегетації культури – на 191%.

У середньому за роки досліджень вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці у фазу утворення бобів у контролі склав 1,29 мг/г сирової речовини. За передпосівної обробки насіння Регоплантом досліджуваний показник перевищував контрольний варіант на 54%, мікробним препаратом – 115% відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю складало 181%. За обприскування сочевиці Регоплантом відмічено перевищення контрольного варіанту за вмістом леггемоглобіну в бульбочках у фазі утворення бобів на 4%. Комплексне застосування

Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищих досліджуваних показників у відношенні до контролю в 2 рази.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант досліджуваний показник зростав у порівнянні з контролем на 143%.

Найбільший вміст леггемоглобіну в бульбочках сочевиці у фазу утворення бобів був відмічений у варіантах із застосуванням передпосівної обробки насіння МПБ у поєднанні з РРР Регоплант 250 мл/т з посходовим внесенням РРР Регоплант 50 мл/га, де його перевищення відносно контролю складало 2,77 мг/г сирої речовини. За узагальненими показниками чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці та вмістом у них леггемоглобіну встановлено середній прямий кореляційний зв'язок ( $r = 0,38$ ).

Таким чином, накопичення леггемоглобіну в бульбочках сочевиці залежало від використання відповідних композицій препаратів, фаз розвитку рослин та років проведення досліджень. Найвищий вміст леггемоглобіну (6,72 мг/г сирої речовини) відмічався у бульбочках сочевиці у фазу цвітіння за використання для передпосівної обробки насіння МБП Ризобофіт + РРР Регоплант з наступним посходовим внесенням РРР Регоплант, що в 3,9 рази перевищувало контроль.

### **3.4. Виділення і вивчення культурально-морфологічних та фізіолого-біохімічних властивостей нового штаму *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837**

Нині сочевиця ще не набула необхідної посівної популярності і є умовно новою культурою для України. Тому, в більшості ґрунтів відсутні активні «аборигенні» штами бульбочкових бактерій, здатних до формування високопродуктивного симбіозу з цією рослиною. Проте, в умовах дослідного



поля УНУС дана культура вирощувалась впродовж останнього десятиліття. Тому, у період 2014–2019 рр. нами було проаналізовано близько 100 зразків рослин сочевиці, що не інокулювалися МБП, вирощених в умовах дослідного поля УНУС, з відносно великою кількістю бульбочок на корінні рослин.

Найефективнішими виявилися 3 зразки *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, виділені нами у різні роки з бульбочок сочевиці і залучених до досліджень з робочими назвами Т1, Т2, Т3.

Ідентифікацію штамів виконували за визначником бактерій Бергі [156].

Ефективність штамів *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* перевіряли у вегетаційних дослідах на стерильному вермикуліті (суміш Гельрігеля з 0,5 нормами азоту) та у польових дослідах на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому дослідного поля Уманського національного університету садівництва.

Для виготовлення препарату на сипучому носії (вермикуліт) досліджувані штами *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* вирощували при 27 С протягом 2–3 діб у пробірках на агаризованому гороховому середовищі, потім змивали стерильною водою і готували суспензію для качалочних колб і 5-ти літрових бутилів.

Рідку культуру вирощували протягом двох діб. Титр  $5-8 \times 10^9$  КУО/мл. Посівну культуру використовували для приготування рідкої робочої культури в 5-ти літрових бутелях. Бутелі отряхували на мікробіологічній качалці упродовж 42–50 годин. Титр не менше  $4-6 \times 10^9$  КУО/мл. Після мікробного контролю культуральну рідину з бутилів використовували для змішування з вермикулітом.

Високодисперсний вологоємкий мінеральний носій вермикуліт розфасовували у пакети (130 г вермикуліту/на 1 га), виготовлені з термостійкої непрозорої плівки та стерилізували в паровому автоклаві за 1,2 атм. 1,5 години. Після охолодження сипучу фракцію нейтрального стерильного неорганічного матеріалу (вермикуліт) у стерильних умовах збагачували добавками в однаковій пропорції 1:1:1:1 (кукурудзяний екстракт,

меляса, глюкоза, стерильна водопровідна вода) до вологості 70–75%. Після цього в пакети з вермикулітом вносили стерильно культуру бульбочкових бактерій сочевиці 50 мл (рідка суспензія з вихідним титром  $5 \times 10^9$  КУО/мл після культивування в бутлях). Виготовлене таким чином бактеріальне добриво витримували при кімнатній температурі (17–21°C) 5–7 діб (в подальшому пакети зберігали при 5–15°C у темному сухому приміщенні).

Розрахункову кількість виготовленого препарату використовували для інокуляції насіння у вегетаційному досліді. Інокуляційне навантаження складало  $10^5$  КУО/насінину. Ефективність препарату на основі запропонованого штаму бульбочкових бактерій ІМВ В-7837 перевіряли за інокуляції сочевиці сорту Лінза в умовах польових дослідів.

Нітрогеназну активність штаму визначали в інтактних бульбочках рослин ацетиленовим методом на газовому хроматографі «Agilent 6850» [148].

Мікросимбіонтом сочевиці є маловивчена група швидкорослих бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*.

Протягом багатьох років під сочевицю використовували еталонний виробничий штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* 724 (зберігається у колекції Всеросійського НДІ сільськогосподарської мікробіології (С.-Петербург) під номером 724, а також у колекції Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРiГ) НАН України (Київ).

Недоліком штаму *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* 724 є те, що при бактеризації ним насіння сочевиці спостерігається не досить висока азотфіксувальна активність симбіотичного апарату і урожайність культури, що, ймовірно, пов'язано з неадаптованістю штаму до ґрунтово-кліматичних умов, де висівається наразі сочевиця. По друге – при культивовані штам *R. bv. viceae* 724 набирає відносно невисокий титр –  $3,0 \times 10^9$  КУО/мл препарату, внаслідок чого втрачає свою конкурентоздатність з навколишнім мікробіомом ґрунту.

*Морфолого-культуральні властивості.* Запропонований нами новий штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* T2 (ІМВ В-7837) депонований у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під № ІМВ В-7837.

Штам характеризується наступними культурально-морфологічними властивостями: культура бактерій не спороносна, грамнегативна, клітини мають форму дрібних паличок, розміром 1,2–2,6 мкм, палички рухливі. Містить гранули  $\beta$ -гідроксибутирату. Бактерії пігмент не продукують. Культура швидкоросла.

Поживні середовища для вирощування і зберігання бульбочкових бактерій, зокрема *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837:

1. *Гороховий агар I*, г/л: горох – 100,0; цукроза – 20,0 г; агар-агар – 20 г; рН – 6,8–7,0; стерилізація при 120<sup>0</sup>С (1 атм.) 20 хв. Колонії на гороховому агарі з'являються на третю добу, однотипні, круглі, білуваті, сильно випуклі, 2,0–2,5 мм в діаметрі.

2. *Бобовий агар II*, г/дм<sup>3</sup>: бобовий відвар – 1 дм<sup>3</sup>; цукроза – 2,0 г; КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> – 1,0 г; MgSO<sub>4</sub> ·7Н<sub>2</sub>О – 0,3 г; агар-агар – 15–20 г; рН – 7,0; стерилізація при 120 С (1 атм.) 20 хв.

3. *Люпиновий агар*, г/л: К<sub>2</sub>НРО<sub>4</sub> – 0,5; КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> – 0,5; MgSO<sub>4</sub> ·7Н<sub>2</sub>О – 0,2; NaCl – 0,2; СаSO<sub>4</sub> – 0,1; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>МоО<sub>4</sub> сліди, маніт – 20,0; люпинове борошно – 10,0; агар-агар – 20,0; рН – 6,8–7,0.

4. *Манітно-дріжджовий агар (МДА)*, г/л: маніт – 10,0; КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> – 0,5; MgSO<sub>4</sub> ·7Н<sub>2</sub>О – 0,2; агар-агар – 16,0; рН – 6,8–7,0; стерилізація при 120 С (1 атм.) 20 хв.

При розсіві штрихом на МДА колонії з'являються на 3–4 добу, мають округлу форму, випуклі, білі, напівпрозорі, однотипні, слизисті, 3,0–3,5мм в діаметрі. При зростанні у рідкому середовищі з перемішуванням культури досягають значної густини через 2 або 3 доби інкубації.

*Фізіолого-біохімічні властивості.* Симбіонт. Макросимбіонт – бобова рослина сочевиця *Lens culinaris* Medik.

Відношення до кисню – аероб, але здатний рости за зниженого вмісту кисню. Температурний діапазон росту: 25–35 С. Оптимальна температура росту: 28 С. При 40 С ріст відсутній. Діапазон рН 5,5–8,5. Оптимальна рН 7,0.

У якості джерела вуглецю штам ІМВ В-7837 може використовувати глюкозу, сахарозу, маніт, ксилозу, мальтозу, рамнозу, сорбіт, лактозу, галактозу, а також ацетати, N-ацетиглюкозоамін, пірувати, підкислює середовище. Клітковину і крохмаль не засвоює. Поряд із засвоєнням азоту з атмосфери може використовувати амонійний та нітратний азот. Відновлює нітрати до нітритів. На МПА не росте.

Крохмаль не гідролізує. Не розкладає целюлозу. Желатину не розріджує. Молоко з лакмусом не пептонізує, слабо підлюговує.

Оцінку симбіотичних властивостей штаму ІМВ В-7837 – азотфіксувальну активність, ефективність симбіозу проводили в умовах вегетаційних та польових дослідів.

За даними вегетаційного досліді *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 вступав в ефективний симбіоз з сочевицею сорту Лінза, активно фіксував атмосферний азот і за азотфіксувальною активністю перевищував штам – еталон виробничий *R. leguminosarum bv. viceae* 724 у 2,5 рази. Урожай надземної маси сочевиці зростав при цьому на 67,6% у порівнянні з контролем і на 14,2 – порівняно зі штамом еталоном виробничим 724 (табл. 3.10).

Штам, що пропонується за ефективністю суттєво перевищував базовий штам 724. Упродовж вегетації сочевиці (фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів) запропонований штам ІМВ В-7837 формував більшу кількість бульбочок (37); виробничий 724 – відповідно 31; вміст леггемоглобіну – 2,79 і 5,36 мг/г сирої маси бульбочок відповідно (табл. 3.11).

Надбавка урожаю зерна сочевиці при інокуляції штамом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* К-29 (табл. 3.11) складала 0,24 т/га, що

перевищувало показники контрольного варіанту на 8,4%.

Таблиця 3.10

**Надземна маса та азотфіксувальна активність сочевиці сорту  
Лінза у вегетаційному досліді, 2018 р.**

Варіант	Надземна маса рослин, г/посудину	Надбавка до контролю		Надбавка до показників штаму 724		Кількість бульбочок, шт	Маса кореня однієї рослини, г	Азотфіксувальна активність, мкмоль C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ·роsl <sup>-1</sup> ·год <sup>-1</sup>
		г/посудину	%	г/посудину	%			
Контроль (без інокуляції)	6,23	0	0	-2,91	0	0,9	0,53	0,10
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae K-29</i>	9,09	2,86	45,91	-0,05	0	2,4	0,61	0,39
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae 724</i>	9,14	2,91	46,7	0	0	2,7	0,64	0,48
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae T1</i>	7,11	0,88	14,1	-2,03	0	1,6	0,58	0,44
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae T2 (IMB B-7837)</i>	10,44	4,21	67,6	1,30	14,2	5,5	0,78	1,20
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae T3</i>	7,43	1,20	19,3	-1,71	0	1,9	0,60	0,52
<i>HIP<sub>01</sub></i>	1,68	1,12				1,2	0,08	0,10

Найвища урожайність була відмічена за передпосівної оброки насіння новим штамом, вищеназваний показник перевищував контроль на 0,36 т/га (25,2%) і виробничий штаму – 0,25 т/га (16,2%). Азотфіксувальна активність штаму

ІМВ В-7837 перевищувала виробничий штам у 1,6 рази, а варіант без застосування препаратів – 6,1 рази. За вмістом леггемоглобіну в бульбочках сочевиці високі показники спостерігались за передпосівної обробки насіння виробничим штамом на 58% відносно контролю, тоді як за використання штаму *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 – 205% відповідно.

Таблиця 3.11

**Ефективність штаму *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 за інокуляції сочевиці сорту Лінза в польових дослідях 2018 р.**

Варіант	Урожай зерна, т/га	Надбавка до контролю		Надбавка до показників штаму 724		Кількість бульбочок, шт	Вміст леггемоглобіну, мг/г сирої маси бульбочок	Азотфіксувальна активність, мкмоль $C_2H_4$ ·росл <sup>1</sup> ·год <sup>-1</sup> 1 корінь
		т/га	%	т/га	%			
Контроль (без інокуляції)	1,43	0	0	-0,11	0	16	1,76	0,82
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> К-29	1,67	0,24	16,8	0,13	8,4	20	2,46	3,11
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> 724	1,54	0,11	7,7	0	0	31	2,79	3,15
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> Т1	1,50	0,07	4,9	-0,04	0	15	2,17	2,78
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> Т2 (ІМВ В-7837)	1,79	0,36	25,2	0,25	16,2	37	5,36	5,03
<i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> Т3	1,59	0,16	11,2	0,05	3,2	18	2,10	2,66
НІР <sub>05</sub>	0,91					4	0,58	0,98

Отже, використання запропонованого штаму *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* IMB В-7837 для передпосівної обробки насіння сочевиці забезпечує формування найбільшої кількості азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин, сприяє повноцінному живленню автотрофним і симбіотрофним азотом, більш інтенсивно стимулює ріст та розвиток сочевиці, підвищує урожайність і якість зерна порівняно із виробничими та іншими штамми.

### **3.5. Азотфіксувальні мікроорганізми родів *Azotobacter* і *Clostridium***

Основою діяльності мікробіоти ґрунту є процеси розкладання органічних і мінеральних субстанцій, синтез фізіологічно активних речовин, чим у цілому визначається інтенсивність кругообігу речовин [195–197]. Асоціативні ґрунтові мікроорганізми функціонують у взаємодії із рослинами на основі трофічних зв'язків. Кореневі виділення забезпечують поживними субстратами прикореневу зону – ризосферу, що є високоенергетичною нішею для розвитку та функціонування мікробного угруповання [198–200]. Склад ризосферного мікробного угруповання поряд із фізичними властивостями ґрунту визначає кількісний склад корневих виділень рослин. Адже кореневі екзометаболіти утворюють складну суміш окремих сполук, а співвідношення серед них органічних кислот і цукрів визначає специфіку ризосферної мікробіоти [201].

Серед ризосферних мікроорганізмів нині виявлено більше 60 видів вільноживучих азотфіксаторів, у тому числі й бактерії родів *Azotobacter* і *Clostridium*. Вони зв'язують молекулярний азот і трансформують його у форми доступні для інших мікроорганізмів і рослин [16].

Окремі літературні публікації засвідчують залежність розвитку асоціативних азотфіксаторів від застосування у посівах сільськогосподарських культур гербіцидів і регуляторів росту рослин [202–205]. За даними Ю. І. Івасюк із співавторами [169], найактивніший розвиток

азотфіксувальних бактерій родів *Azotobacter* і *Clostridium* у ризосфері сої було виявлено на двадцяті добу обліку за дії композицій препаратів Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т з посходовим внесенням Регопланту 50 мл/га, де їх чисельність відносно контролю I зростала майже вдвічі.

Встановлено, що залежно від виду, способу внесення препаратів, їх комбінування та фаз розвитку культури у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium*. Так, аналіз одержаних результатів зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* (Додаток А, табл. А.1–А.3) засвідчив, що у фазі бутонізації на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом та обприскування ним же по фону I вегетативної маси рослин відмічено перевищення до контролю на 2 і 4 шт. оброслих колоніями грудочок ґрунту.

У 2014 р. за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом (фон II) та внесення по даному фону Регопланту із наступним застосуванням по даному фону регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га відмічено зростання чисельності бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем у фазі бутонізації на 9%.

У 2018 р. були відмічені подібні залежності у кількості оброслих грудочок ґрунту ризосфери сочевиці за дії МБП і РРР бактеріями роду *Azotobacter*, що й у 2014 р. Так, за обприскування сочевиці Регоплантом даний показник у фазі бутонізації перевищував контрольний варіант на 4%. За комплексного застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) кількість оброслих грудочок перевищувала контроль на 3 шт. Водночас, за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 даний показник перевищував контроль у фазі бутонізації на 2 шт., оброслих колоніями грудочок ґрунту. У варіантах з передпосівною обробкою насіння мікробним препаратом, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант з



наступним внесенням останнього під час вегетації культури (50 мл/га) кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* складала 49 шт.

За результатами досліджень 2019 р. у фазі бутонізації сочевиці у варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів кількість оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* була на рівні контролю, тоді як за передпосівної обробки насіння ним же – перевищення варіату без застосування препаратів становило 5%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання вищеназваного показника до рівня 49 шт., оброслих колоніями грудочок ґрунту Передпосівна інокуляція насіння сочевиці забезпечила перевищення даних варіанту без застосування препаратів за кількістю оброслих грудочок на 4 штуки, тоді як обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР – 3 шт. Проте найвищі показники були відзначені за посходового внесення Регопланту по фоні комплексного використання мікробного препарату із рістрегулятором, де досліджуваний показник перевищував контроль на 6 шт., оброслих колоніями грудочок ґрунту.

У фазі цвітіння спотерігалась тенденція до збільшення кількості оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* в усіх варіантах дослідю. Так, у 2014 році у варіанті без застосування препаратів кількість оброслих грудочок була більшою на 2 шт., ніж у фазі бутонізації. За посходового внесення Регопланту (50 мл/га) даний показник був на рівні контролю. За передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин даний показник був на рівні 49 шт. Найвища кількість грудочок оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* була відмічена за передпосівної обробки насіння МБП та за посходового внесення Регопланту по фонах I, II, III (100% від загальної кількості грудочок).

Подібна залежність розвитку бактерій роду *Azotobacter* простежувалась у фазі цвітіння у 2018 та 2019 роках. Так, у 2018 році у варіантах фон I, фон II та Фон I + РРР (50 мл/га) перевищення до контролю за кількістю оброслих

грудочок ґрунту становило 3 шт. Найвища кількість грудочок, оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter*, у фазі цвітіння була відмічена за передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР з наступним посходовим внесенням Реґопланту по фонах II, III (100% від загальної кількості грудочок).

У 2019 році у фазі цвітіння перевищення контролю за кількістю оброслих грудочок ґрунту азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* складало 2 шт. у варіантах передпосівної обробки насіння (МБП+РРР) та за обприскування посівів Реґоплантом по фоні II. Найвища кількість грудочок оброслих азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* у фазі цвітіння спостерігалась за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом та за посходового внесення Реґопланту по фонах I, III (50 шт).

У фазі утворення бобів за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 як самостійно, так і в комплексі з РРР Реґоплант, кількість оброслих асоціативними азотфіксувальними мікроорганізмами роду *Azotobacter* грудочок ґрунту зростала і досягала їх максимальної кількості (100%) для 2014, 2018 та 2019 років.

Азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium* також нарощували свою чисельність у варіантах дослідів із застосуванням біологічних препаратів (Додаток А, табл. А.4–А.6). Так, у 2014 році у фазі бутонізації за передпосівної обробки насіння сочевиці Реґоплантом (Фон I) їх чисельність зростала відносно контролю на 42%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (Фон II) – 55%, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Реґоплант (Фон III) – 74%.

Позитивний вплив біологічних препаратів на чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці також простежувався і за внесення по вищеназваних фонах регулятора росту рослин Реґоплант (50 мл/га), зокрема за внесення даного РРР по фоні I перевищення до контролю

складало 109%, по Фону II чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* зростала на 126%, а по фону III – 161%.

Подібна тенденція до збільшення чисельності азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* у фазі бутонізації спостерігалась у 2018 та 2019 роках. Найбільше перевищення до контролю за кількістю бактерій роду *Clostridium* відмічено у варіанті обробки вегетативної маси рослин регулятором росту рослин по фону III – 152–155% відповідно.

Чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці у фазі цвітіння зростала у порівнянні до фази бутонізації. Так, у 2014 році у варіанті з комплексним використанням РРР (обробка насіння та вегетуючих рослин) їх кількість перевищувала контроль на 110%, а за використання вищезгаданої комбінації з МБП – на 155% відповідно.

У 2018 році за обробки посівів Регоплантом (50 мл/га) у фазі цвітіння чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* перевищувала контроль на 47%, а за передпосівної обробки насіння ним же – 49%. У варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) зафіксовано перевищення контролю на 153%.

У 2019 році у фазі цвітіння у варіанті посходового внесення Регопланту по фону передпосівної обробки насіння сумішшю МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та РРР Регоплант чисельність вищеназваних бактерій перевищувала контроль на 160%.

У фазі утворення бобів чисельність бактерії роду *Clostridium* у порівнянні з попередніми фонами зменшувалась. Так, у 2014 році за передпосівної обробки насіння сочевиці Регоплантом (Фон I) їх чисельність зростала відносно контролю на 50%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (Фон II) – 58%, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант (Фон III) – 73%. За внесення по вищеназваних фонах РРР (50 мл/га) – 109–153%.

У 2018 та 2019 роках найбільше перевищення контролю за чисельністю вищеназваних бактерій було відмічено у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) – 147–166%.

У середньому за роки досліджень аналіз одержаних результатів зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium* у ризосфері сочевиці засвідчив, що за використання досліджуваних біологічних препаратів їх кількість збільшується (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (середнє за три роки)**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	45	47	46
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	47	49	48
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаму К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	48	50	49
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаму К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	48	50	50
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	45	48	48
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	49	50	50
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	49	50	50
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	50	50	50
<i>НІР</i> <sub>05</sub> *	2,1–2,4	2,2–2,5	2,0–2,3

Примітка:\* – min і max значення за роки досліджень.

Проте за обприскування вегетуючих рослин Регоплантом кількість оброслих грудочок бактеріями роду *Azotobacter* у фазі бутонізації залишилась на рівні контролю (45 шт.). У варіанті із передпосівною обробкою насіння

Регоплантом, мікробним препаратом та їх сумішшю відмічено збільшення оброслих грудочок ґрунту відносно контролю на 2–3 штуки. Водночас за обприскування фонів I, II регулятором росту рослин Регоплант кількість оброслих грудочок досягла 49 шт., що на 9% перевищувало контроль.

Найбільше оброслих грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* було відмічено у варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де їх кількість становила 50 шт. Вочевидь, це пов'язано з продукуванням більшої кількості корневих ексудатів, що мають безпосередній вплив на розвиток ризосферної мікробіоти, у тому числі й роду *Azotobacter* [206, 207].

Подібна тенденція стосовно кількості азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері сочевиці спостерігалась у фазі цвітіння з одночасним перевищенням відносно фази бутонізації. Так, кількість оброслих колоніями грудочок бактеріями роду *Azotobacter* у фазу цвітіння у варіанті без застосування препаратів перевищувала показники попередньої фази в середньому за роки досліджень на 2 шт. Максимальна кількість оброслих грудочок ґрунту (100 %) була відмічена у варіантах МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 + PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) за наступного обприскування посівів Регоплантом по фонах I, II та III.

Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* у всіх варіантах дослідження із застосуванням біологічних препаратів також зростала (табл. 3.13). Зокрема, в середньому за роки досліджень передпосівна обробка насіння сочевиці Регоплантом (Фон I) забезпечила зростання чисельності азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* у фазу бутонізації відносно контролю на 45%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (Фон II) – 55%, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант (Фон III) – 73%.

Позитивний вплив біологічних препаратів на чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці також простежувався і за внесення по вищеназваних фонах регулятора росту рослин Регоплант (50

мл/га), зокрема за внесення даного РРР по фону I перевищення до контролю складало 106%, що може бути обумовлено позитивною рістрегулювальною дією Регопланту на ростові процеси кореневої системи, за рахунок чого виділялась більша кількість корневих ексудатів [208]. За посходового внесення РРР Регоплант по Фоні II чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* зростала на 131%, а по фоні III – 157%.

Таблиця 3.13

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* (тис. КУО/г ґрунту) у ризосфері сочевиці за використання МБП та РРР (середнє за три роки)**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	4,9	6,2	5,5
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	7,1	9,2	8,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаму К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	7,6	9,8	8,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаму К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	8,5	11,1	10
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	6,7	8,6	7,4
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	10,1	12,8	11,5
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	11,3	13,9	12,3
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	12,6	15,8	13,9
<i>НІР</i> <sub>05</sub> *	0,3–0,5	0,4–0,6	0,3–0,6

*Примітка:*\* – min і max значення за роки досліджень.

Чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці залежала не лише від застосовуваних препаратів, а й від фаз розвитку культури. Так, у варіантах досліджу із застосуванням МБП, МБП + Регоплант 50 мл/га, МБП + Регоплант 250 мл/т, МБП + Регоплант 250 мл/т + Регоплант

50 мл/га їх кількість у фазі цвітіння зростала у порівнянні до фази бутонізації в середньому на 25–29%. Разом з тим у фазі цвітіння у варіанті з комплексним використанням РРР (обробка насіння та вегетуючих рослин) їх кількість перевищувала контроль на 106%, а за використання вищезгаданої комбінації з МБП – на 155% відповідно.

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна констатувати, що біологічні препарати (МБП і РРР) мали позитивний вплив на розвиток асоціативних азотфіксаторів у посівах сочевиці, що проявлялося у зростанні чисельності в ризосфері бактерій родів *Azotobacter* і *Clostridium*, особливо за комплексного використання для обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і РРР Регоплант з наступною обробкою РРР Регоплант посівів, де перевищення до контролю у середньому за роками і фазами розвитку культури складало 6–11 і 153–157% відповідно.

### **3.6. Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів**

Переважну частину мікробіоти ґрунту складають бактерії і мікроскопічні гриби, продукти життєдіяльності яких беруть участь у перетворенні низки органічних речовин [209, 210]. Однак, сучасні умови ведення аграрного виробництва призводять до порушення рівноваги між різними групами мікробіоти [103, 169, 211]. Звідси виникає необхідність у застосовуванні агрозаходів, спрямованих на збільшення у ризосфері агрономічно цінних мікроорганізмів, досягти чого можливо покращенням умов росту й розвитку рослин та безпосередньою інтродукцією у прикореневу зону завідомо підібраних штамів мікроорганізмів [11, 83].

У ХХ ст. у системах землеробства біологічна основа формування родючості ґрунтів, на жаль, практично не брала уваги, що зумовило появу значної кількості деградованих ґрунтів [94]. Сучасна ж реалізація потенціалу сортів сільськогосподарських культур не можлива без активізації окремих біологічних процесів у прикореневому ґрунті, спрямованих на

забезпечення рослинного організму метаболічно необхідними сполуками і фізіологічно активними речовинами [211]. Забезпечити такі умови в деградованих ґрунтах досить складно, оскільки крім зниження вмісту гумусу й погіршення водно-фізичних властивостей, у них зведено до мінімуму чисельність необхідних для розвитку рослин ґрунтових мікроорганізмів, що є трофічними посередниками між ґрунтом і рослиною. Адже, саме мікроорганізми перетворюють недоступні для сільськогосподарських культур сполуки в мобільні, оптимальні для метаболізму. У зв'язку з цим, виникає потреба в застосуванні заходів, спрямованих на збільшення чисельності агрономічно цінних мікроорганізмів у ризосфері рослин і одним із них може бути застосування в технологіях вирощування культурних рослин мікробних препаратів [169, 211].

Нині найбільшого поширення в агротехнологіях набули мікробні препарати на основі азотфіксувальних бактерій [212]. Інтродуковані в кореневу зону, вони здатні забезпечувати рослини біологічним азотом, за рахунок якого поліпшується живлення рослин, покращується їх ріст і розвиток. Використання мікробних препаратів відкриває перспективу їхнього широкого впровадження в сільськогосподарське виробництво, дає змогу зменшити обсяги використання мінеральних добрив, виробництво яких потребує значних енергетичних витрат [110]. Так, згідно досліджень З. М. Грицаєнко й ін. [103], збільшення чисельності ризосферної мікробіоти гороху простежувалось на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Поліміксобактерин (50 мл/т), де показник чисельності бактерій перевищував контроль на 39%, мікроміцетів – 38%, актиноміцетів – 47%. За даними Ю. І. Івасюк із співавторами [169], передпосівна обробка насіння сої сумішшю препаратів Ризобофит 100 мл/т + Регоплант 250 мл/т з наступною обробкою посівів гербіцидом Фабіан 90; 100; 110 г/га забезпечила зростання чисельності ризосферних бактерій у порівнянні з контролем на 59; 58 і 56%, при цьому активність комплексу ґрунтових ферментів зростала на 17% – для інвертази, 30% – для каталази і 47% – для протеази.



Зважаючи на вищевикладене, доцільним було з'ясувати в суворо контрольованих умовах вегетаційного та польового дослідів дію МБП *Rhizobium leguminosarum* Lens штаму К-29 і РРР Регоплант на розвиток основних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці.

За результатами вегетаційного дослідження встановлено, що в залежності від способу внесення препаратів та їх комбінування у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності бактерій, мікроміцетів і актиноміцетів (табл. 3.14). Так, відзначено зростання чисельності ризосферних бактерій у порівнянні з контролем у варіанті із передпосівною обробкою РРР Регоплант та мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штаму К-29 – на 47% та у варіанті з використанням суміші вищезазначених препаратів – на 51%. Вочевидь, це обумовлено як покращенням процесу азотного обміну в рослинах завдяки життєдіяльності бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, як наслідок – виділенням у ризосферу більшої кількості ексудатів, так і створенням додаткової площі кореневої системи для живлення мікроорганізмів внаслідок стимуляції ростових процесів з боку РРР [169].

Найвищі показники чисельності бактерій у ризосфері сочевиці простежувалися у варіантах із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом разом із регулятором росту рослин, де перевищення контрольованого показника складало 1,6 рази.

Важливе значення у процесі кругообігу азоту відіграють безпосередні учасники амоніфікації та продукування біологічно активних речовин (амінокислот, ферментів, антибіотиків, полісахаридів, вітамінів і т. д.) – мікроскопічні гриби. Останні, разом із актиноміцетами, є найактивнішими учасниками трансформації рослинних залишків та формування гумусу [5, 213].

За посихового внесення регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га чисельність мікроміцетів зростала на 12% відносно контролю, а актиноміцетів – на 17%.

Таблиця 3.14  
**Чисельність різних груп ризосферної мікробіоти ( $10^3$  КУО/г ґрунту)  
 сочевиці за використання МБП і РРР (вегетаційний дослід)**

Варіант дослід	Бактерії	Мікро- міцети	Актино- міцети
Без застосування препаратів (контроль)	1031	271	220
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1516	317	275
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1520	323	277
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1557	379	310
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1217	303	257
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	1547	340	286
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	1536	344	284
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	1663	412	326
<i>НІР<sub>01</sub></i>	15	13	9

На фоні передпосівної обробки насіння сочевиці МБП із РРР відмічено збільшення кількості мікроміцетів на 40% і на 41% – актиноміцетів.

Найактивніший розвиток мікроміцетів й актиноміцетів у ризосфері сочевиці спостерігався за посходового внесення регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га по Фоні III, де зростання чисельності цих груп мікроорганізмів до контролю складало 52% і 48% відповідно.

Зростання чисельності мікроміцетів і актиноміцетів у ризосфері сочевиці, вочевидь, є наслідком створення оптимального середовища для розвитку даних груп мікроорганізмів завдяки зростанню розмірів кореневої системи та утворенню більшої кількості корневих залишків [214].

За 2014, 2018, 2019 роками польових досліджень встановлено, що чисельність бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів у ризосфері сочевиці залежала від виду і способу внесення препаратів, їх комбінування, погодних умов та фаз розвитку культури (Додаток Б, табл. Б.1). Так, у 2014 р. у фазі бутонізації найвища чисельність бактерій, мікроміцетів і актиноміцетів була

відмічена у варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де перевищення до контролю складало 66; 53; 54% відповідно. Подібна тенденція спостерігалась і в 2018 і 2019 роках.

У середньому за роки досліджень у фазу бутонізації відзначено зростання чисельності ризосферних бактерій у порівнянні з контролем у варіанті із передпосівною обробкою PPP Регоплант та мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 – на 45% та у варіанті з використанням суміші вищезазначених препаратів – на 49% (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

**Чисельність різних груп ризосферної мікробіоти сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum* Lens штам К-29 і PPP Регоплант (фаза бутонізації, середнє за роки досліджень)**

Варіант досліджу	Чисельність, 10 <sup>3</sup> КУО/г ґрунту		
	бактерії	мікро-міцети	актино-міцети
Без застосування препаратів (контроль)	711	206	148
PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1032	248	187
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1042	245	192
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1062	304	216
PPP Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	824	224	228
Фон I + PPP Регоплант (50мл/га)	1058	277	196
Фон II + PPP Регоплант(50 мл/га)	1055	267	203
Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га)	1117	321	223
<i>НІР</i> <sub>05</sub> *	31–52	12–16	8–11

Примітка:\* – min і max значення за роки досліджень.

Посходове внесення Регопланту по вищенаведених фонах I та II забезпечило перевищення відповідних показників контролю в середньому на 49 і 48%. У варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га) даний показник перевищував контроль на 57%.

Аналіз експериментальних даних з визначення загальної кількості мікроскопічних грибів показав, що у варіантах з передпосівною обробкою насіння (фон I, II, III) чисельність мікроміцетів у фазу бутонізації зростала відносно контролю на 20; 19 та 48% відповідно, актиноміцетів – на 26; 30 і 46%. Посходове внесення PPP Регоплант 50 мл/га забезпечило зростання чисельності мікроміцетів на 9% та актиноміцетів – на 54% відносно контролю.

Найактивніший розвиток мікроміцетів й актиноміцетів у ризосфері сочевиці простежувався за посходового внесення PPP Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом із рістрегулятором, де зростання чисельності цих груп мікроорганізмів у фазу бутонізації до контролю складало 56% та 51% відповідно.

Дослідження чисельності бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів у фазу цвітіння показало, що в роки досліджень простежувалась подібна закономірність щодо розвитку мікроорганізмів, проте їх чисельність істотно зростала у порівнянні з попереднім обліком (Додаток Б, табл. Б.2). Так, у фазі цвітіння найвища чисельність ризосферних бактерій була відмічена у варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де перевищення у відношенні до контролю складало 54; 69; 57% відповідно для 2014, 2018, 2019 років, мікроміцетів – 53; 55; 62% та актиноміцетів – 28; 24; 35%.

У середньому за роки досліджень у фазі цвітіння сочевиці за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин, мікробним препаратом та їх сумішшю простежувалось зростання чисельності бактерій відносно контролю на 47; 48; 52%, мікроміцетів – на 20; 24; 47%, актиноміцетів – на 9; 14; 23% відповідно (табл. 3.16). Посходове внесення Регопланту 50 мл/га забезпечило перевищення контрольних показників у

фазу цвітіння за чисельністю бактерій на 18%, мікроміцетів – на 11%, актиноміцетів – на 7%.

Найактивніше досліджувані групи мікроорганізмів у фазу цвітіння розвивались у варіанті обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 із регулятором росту рослин Регоплант за наступного посходового внесення РРР, де чисельність бактерій відносно контролю зростала на 60%, мікроміцетів – 57%, актиноміцетів – на 29%.

Таблиця 3.16

**Чисельність різних груп ризосферної мікробіоти сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum Lens* штам К-29 і РРР Регоплант (фаза цвітіння, середнє за роки досліджень)**

Варіант дослідю	Чисельність, 10 <sup>3</sup> КУО/г ґрунту		
	бактерії	мікро-міцети	актино-міцети
Без застосування препаратів (контроль)	947	254	226
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1399	306	246
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1401	314	257
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1438	374	279
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1118	281	241
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	1428	341	257
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	1426	332	263
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	1511	399	292
<i>НІР<sub>05</sub></i> *	21–30	11–15	6–13

*Примітка:*\* – min і max значення за роки досліджень.

Одержаний експериментальний матеріал дає підставу зробити висновки, що чисельність ризосферної ґрунтової мікробіоти у посівах сочевиці змінюється залежно від застосовуваних препаратів, погодніх умов

та фаз розвитку культури. Проте найактивніший розвиток ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері сочевиці простежується у варіантах із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1,0 л/т) разом із РРР Регоплант (250 мл/т), де перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 57–60% – для бактерій, 56–57% – мікроміцетів, 29–51% – актиноміцетів.

### **3.7. Основні еколого-трофічні групи мікроорганізмів ризосфери сочевиці**

Мікробний ценоз ґрунту кореневої зони рослин – це складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, що упорядковане на основі трофічних взаємодій [16]. Саме мікроорганізмам відводиться важливе значення у збереженні гомеостазу, відновленні родючості ґрунту та підтриманні екологічної рівноваги ґрунтової екосистеми [215, 216]. Проте, у зв'язку із зростанням обсягів використання у сільськогосподарському виробництві хімічних речовин, мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому, вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур [217].

Нині перспективним заходом у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування препаратів природнього походження [83]. Дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених свідчать про їх позитивну дію на ріст і розвиток культурних рослин, кількісний і якісний склад ризосферної мікробіоти [218–222]. Зокрема, за вирощування козлятника східного (*Galega oritntalis* L.) з використанням мікробного препарату Ризобофіт, виготовленого на основі бульбочкових бактерій *Rh. galegae* Л2 й *Bradyrhizobium japonicum* М8, простежувалась позитивна

динаміка в зростанні чисельності амоніфікувальних та целюлозолітичних бактерій, кількість яких у відношенні до контролю збільшувалась у 4 і 8 рази відповідно [223]. Обробка насіння сої регулятором росту рослин Біолан (20 мл/т) сприяла зростанню кількості амоніфікувальних мікроорганізмів відносно контролю на 12%, целюлозолітичних – 6%, мікробним препаратом Ризобофит (100 г/т) – 21 і 13% відповідно [224].

За даними Ю. І. Івасюк та співавторів [169], передпосівна обробка насіння сої сорту Романтика сумішшю Ризобофиту (1,0 л/т) і Регопланту (250 мл/т) забезпечила збільшення кількості целюлозолітичної мікробіоти до контролю на 89 і 34% відповідно на 10 і 20 добу визначення.

На жаль, комплексна дія біологічних препаратів (мікробних і регуляторів росту рослин) на розвиток і функціонування окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці не вивчалися, що і склало одне із завдань наших досліджень.

Залежно від виду, способу внесення препаратів та їх комбінування у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів (Додаток В, табл. В.1–В.3).

У середньому за роки досліджень, амоніфікувальні мікроорганізми, які беруть участь у трансформації органічної речовини за допомогою протеолітичних ферментів та мінералізують як прості, так і складні білки з виділенням азоту у формі аміаку [182, 183], нарощували свою чисельність у всіх варіантах досліду із застосуванням біологічних препаратів (табл. 3.17). Так, передпосівна обробка насіння сочевиці Регоплантом (Фон I) забезпечила зростання їх кількості у фазу бутонізації відносно контролю на 32%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (Фон II) – 39%, сумішшю МБП і регулятора росту рослин Регоплант (Фон III) – 45%.

Таблиця 3.17

**Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів  
ризосфери сочевиці ( $10^3$  КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР  
(середнє за роки досліджень)**

Варіант досліду	Амоніфіку- вальні		Нітрифіку- вальні		Целюлозо- літичні	
	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння
Без застосування препаратів (контроль)	108,7	143,6	19,1	31,6	917,4	1225,6
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	143,5	180,8	20,8	34,8	1010,9	1362,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	151,1	196,6	23,9	36,7	1077,0	1421,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	157,6	202,4	24,9	37,3	1112,8	1500,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	133,7	176,6	20,2	33,7	957,8	1273,9
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	161,9	209,5	23,1	37,6	1128,4	1533,3
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	168,7	222,5	23,7	38,8	1156,8	1562,6
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	178,3	232,5	26,2	46,7	1204,5	1788,8
<i>НІР</i> <sub>05</sub> *	7,5– 9,9	8,9– 12,6	1,1– 5,4	1,6– 3,2	53,5– 96,2	65,2– 130,3

*Примітка:*\* – min і max значення за роки досліджень.

Позитивний вплив біологічних препаратів на чисельність вищеназваної групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці також простежувався і за внесення по вищеназваних фонах регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га), зокрема за внесення даного РРР по фону I перевищення до контролю складало 49%, що може бути обумовлено позитивною рістрегулювальною



дією Регопланту на ростові процеси кореневої системи, чим створювалась додаткова площа для росту й розвитку мікроорганізмів [225, 226].

За посходового внесення РРР Регоплант по Фоні ІІ чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів зростала на 55%, а по фоні ІІІ – 64%. Очевидно, формування найбільшої чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів на фоні комплексного використання РРР і МБП (передпосівна обробка насіння сочевиці МБП і РРР та внесення по сходах РРР) може бути обумовлено покращенням азотного обміну в рослинах завдяки життєдіяльності бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* та стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів з боку дії регулятора росту рослин, чим зумовлювалось виділення в прикореневу зону підвищеної кількості ексудатів [178, 186].

Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці залежала не лише від застосовуваних препаратів, а й від фаз розвитку культури. Так, у варіантах досліду із застосуванням МБП, МБП + Регоплант 50 мл/га, МБП + Регоплант 250 мл/т, МБП + Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га їх кількість у фазі цвітіння зростала у порівнянні до фази бутонізації в середньому на 28–30%. Разом з тим у фазі цвітіння у варіанті з комплексним використанням РРР (обробка насіння та вегетуючих рослин) їх кількість перевищувала контроль на 46%, а за використання вищезгаданої комбінації з МБП — на 62% відповідно.

Важливе значення у процесах перетворення в ґрунті амонійних форм вуглецевих сполук в нітрати відіграють нітрифікувальні мікроорганізми. Як показали результати досліджень, у фазі бутонізації сочевиці у варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів їх кількість перевищувала контроль на 6%, а за обробки цим же РРР насіння – 9%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило зростання їх чисельності у відношенні до контролю на 21%. За передпосівної інокуляції насіння сочевиці їх кількість перевищувала варіант без застосування препаратів на 25%. Обробка насіння сочевиці сумішшю

МБП з РРР зумовила активізацію розвитку нітрифікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці на 30%, а за посходового внесення Регопланту по даному фону – 37%. Водночас, у фазі цвітіння культури спостерігалась подібна тенденція до зростання кількості вищезазначених мікроорганізмів від комбінування досліджуваних препаратів, що і у фазу бутонізації, де найвищі показники були відмічені у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням до контролю на 48%.

Досліджуючи еколого-трофічну групу ґрунтових мікроорганізмів, здатних руйнувати целюлозу, відмічена залежність їх кількості від нагромадження корневих залишків, про що констатують й інші вчені [217, 227, 228]. Так, у варіантах досліду з передпосівною обробкою насіннєвого матеріалу Регоплантом (Фон I) у фазі бутонізації їх кількість перевищувала контрольний варіант на 10%, тоді як за інокуляції мікробним препаратом (фон II) – на 17%. Високі показники кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігались у варіанті сумісної дії вищезазначених препаратів, де перевищення відносно контролю складало 21%. Водночас, найактивніше наростання вищезазваної групи мікроорганізмів у фазу бутонізації сочевиці простежувалось за обприскування посівів Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МБП разом із РРР Регоплант, де кількість даної групи мікрорганізмів перевищувала контроль на 31%. Подібна тенденція у формуванні кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігалась і в фазу цвітіння культури, де найвищі показники були відмічені у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням до контролю на 46%.

У загальному, результати обліку основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці у фазу цвітіння засвідчили подібну тенденцію залежності їх розвитку від дії мікробного препарату і регулятора росту рослин, що й у фазу бутонізації. Водночас, найактивніший розвиток мікробіоти в ризосфері сочевиці у фазу цвітіння був відзначений на фоні інокуляції насіння сумішшю мікробного препарату і регулятора росту рослин

з наступним внесенням останнього під час вегетації культури (перевищення за групами досліджуваної мікробіоти до контролю складало в середньому 46–62%).

Підсумовуючи вищенаведені літературні дані та показники чисельності мікробіоти в ризосфері сочевиці, можна стверджувати, що за комплексної дії препаратів мікробного та рістстимулювального спрямування ризосферна мікробіота не зазнає негативного впливу, а навпаки – її ріст і розвиток активізується. Так, найвища чисельність амоніфікувальних, нітрифікувальних, целюлозолітичних мікроорганізмів в середньому за роки досліджень простежувалась у варіанті досліду із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1,0 л/т) разом із РРР Регоплант 250 мл/т, де перевищення до контролю за фазами розвитку складало 31–64%. Очевидно, що це обумовлюється комплексною дією кількох чинників, зокрема: стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок покращення азотного живлення рослин з боку життєдіяльності бульбочкових бактерій; посиленням ростових процесів рослин (збільшенням надземної маси та кореневої системи), обумовлених як активізацією обмінних процесів у рослинах, так і безпосереднім стимулювальним впливом на рослинний організм складових РРР Регоплант; активізацією виділення в прикореневу зону рослин ексудатів, які слугують головним чинником розвитку ризосферної мікробіоти.

### **3.8. Активність основних ґрунтових ферментів**

Ґрунтові ферменти відіграють важливе значення у збагаченні рослин доступними формами поживних речовин, тому ферментативна активність може надати більш повну характеристику спрямованості проходження у ґрунті мікробних процесів [29, 154].

Одним із найважливіших ферментів є каталаза, яка бере участь у розкладанні перекису водню, що утворюється у процесі дихання та біохімічному окисненні органічних речовин у ґрунті на воду та молекулярний кисень [229, 230]. Інвертазна та каталазна активність корелює з кількістю гумусу та вуглеводів у ґрунті і дозволяє охарактеризувати інтенсивність двох процесів: дихання ґрунту і перетворення в ньому сполук вуглецю [231]. На кожній стадії трансформації азотоорганічних сполук – амоніфікації та нітрифікації, беруть участь протеолітичні ферменти, які слугують пусковим механізмом у процесі перетворення білків на доступні амінокислоти [232].

За результатами вегетаційного дослідження активність ґрунтових ферментів змінювалась у залежності від комбінування біологічних препаратів. Так, за внесення в посівах сочевиці Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом 250 мл/т спостерігалось зростання показників активності каталази на – 29%, інвертази – 17% і протеази – 47% (табл. 3.18).

Активність каталази за посходового внесення Регопланту 50 мл/га на фоні обробки насіння МБП зростала на – 33%, інвертази – 16% і протеази – 31%. За передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* Lens штам К-29 з Регоплантом активність ферментів проти контролю збільшувалась на 42% для каталази, 24% – інвертази та 53% – протеази.

Найвищу ферментативну активність ґрунту було відмічено у варіанті посходового застосування Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП + Регоплант, де показник активності каталази перевищував контроль на – 48%, інвертази та протеази – на 29% і 67% відповідно. Очевидно, це може бути пов'язано зі зростанням чисельності мікробіоти у ризосфері сочевиці та окремих її фізіологічних груп, адже збільшення числа ризосферних мікроорганізмів є одним із чинників активізації трансформаційних процесів у ґрунті, в тому числі й ферментативних [211].

Таблиця 3.18

**Ферментативна активність ґрунту сочевиці за використання МБП  
і PPP Регоплант (вегетаційний дослід)**

Варіант дослідів	Каталаза, мл 0,1 н. перманганату калію / г ґрунту	Інвертаза, мг глюкози /100 г ґрунту	Протеаза, мг амінного азоту/100 г ґрунту
Без застосування препаратів (контроль)	1,47	31,70	0,36
PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1,76	37,09	0,50
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1,87	36,14	0,52
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	2,09	39,42	0,55
PPP Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,54	33,45	0,40
Фон I + PPP Регоплант (50мл/га)	1,90	37,09	0,53
Фон II + PPP Регоплант(50 мл/га)	1,95	36,77	0,47
Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га)	2,18	40,89	0,60
<i>НІР<sub>01</sub></i>	0,08	0,6	0,07

Як показали результати польового дослідів, ферментативна активність рослин сочевиці змінювалась як від погодних умов упродовж років досліджень, фаз розвитку культури, так і від внесення досліджуваних препаратів (Додаток Г, табл. Г.1–Г.3).

У фазі бутонізації в середньому за роки досліджень при обприскуванні посівів сочевиці Регоплантом протеазна активність була вищою на 12,5% за контрольний варіант, проте за передпосівного обробітку насіння цим же PPP – на 33,3% (табл. 3.19).

Застосування досліджуваного PPP позитивно вплинуло на інвертазну і каталазну активність, де зростання до контролю складало 6,6; 17,9% і 3,4; 18,6% відповідно. Інокуляція насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 стимулювала на 27,1% – активність каталази, 54,2% –

протеази, 19,8% – інвертази. Передпосівна обробка насіння сумішшю мікробного препарату з регулятором росту рослин забезпечила зростання активності ферментів ґрунту на 24,9% – для інвертази, на 32,2% – каталази та на 54,2% – для протеази.

Таблиця 3.19  
Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за внесення МБП і РРР (середнє за роки досліджень)

Варіант дослідю	Каталаза, мл 0,1 н. перманганату калію / г ґрунту		Інвертаза, мг глюкози /100 г ґрунту		Протеаза, мг амінного азоту/100 г ґрунту	
	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння
Без застосування препаратів (контроль)	0,59	1,36	21,71	30,46	0,24	0,34
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	0,70	1,66	25,61	35,62	0,32	0,46
МБП <i>Rhizobium</i> <i>leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	0,75	1,78	26,0	34,73	0,37	0,53
МБП <i>Rhizobium</i> <i>leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	0,78	2,60	27,12	37,86	0,37	0,54
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	0,61	1,51	23,14	32,14	0,27	0,37
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	0,76	1,88	25,96	36,01	0,34	0,49
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	0,75	1,86	26,14	35,33	0,33	0,48
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	0,84	2,21	28,16	39,27	0,43	0,59
<i>НІР</i> <sub>01</sub>	0,03– 0,05	0,08 –0,11	1,12– 1,14	1,59– 1,96	0,01– 0,05	0,02– 0,04

Примітка:\* – min і max значення за роки досліджень.

Найвищі показники активізації ґрунтових ферментів віносно контролю склалися за посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га по фоні ІІІ, зокрема перевищення для протеази становило 79,2%, інвертази і каталази – 29,7 і 30,6% відповідно.

Подібну тенденцію щодо збільшення активності досліджуваних ферментів відмічали і в фазі цвітіння сочевиці в залежності від комбінацій застосування біологічних препаратів з одночасним перевищенням до фази бутонізації. Так, у середньому за роки досліджень у варіанті передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 стимулювалась на 30,9% – активність каталази, 55,9% – протеази, 14,0% – інвертази. Передпосівна обробка насіння сумішшю мікробного препарату з регулятором росту рослин забезпечила зростання активності ферментів ґрунту на 24,3% – для інвертази, на 19,1% – каталази та на 58,8% – для протеази. Найвищі показники активізації ґрунтових ферментів віносно контролю склалися за посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га по фоні ІІІ, зокрема для протеази – 73,5%, інвертази і каталази – 28,9 і 62,5% відповідно.

Таким чином, у результаті виконаних досліджень встановлено, що активність ґрунтових ферментів у ризосфері сочевиці залежить від погодних умов, які склались у роки проведення досліджень, функціонування і розвитку ризосферної мікробіоти та комбінації і способів застосування досліджуваних препаратів. Найвища ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці відмічалась за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом із регулятором росту рослин з наступним посходовим внесенням останнього, що узгоджується із високою чисельністю загальної мікробіоти ризосфери культури та окремих її фізіологічних груп (коефіцієнт кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту склав  $r = 0,67$ ), зокрема перевищення ферментативної активності до контролю в середньому за роками та фазами становило 42–63% – для каталази, 29–30% – для інвертази, 74–79% – для протеази.

*Матеріали розділу 3 опубліковано та апробовано в працях [267–274].*

1. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 56–62.
2. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. № 2. С. 39–44.
3. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Agrology*. Дніпро. 2019. № 2 (3). С. 146–150.
4. Новікова Т. П., Карпенко В. П., Коць С. Я., Воробей Н. А., Калініченко А. В., Петриченко В. Ф., Гнатюк Т. Т., Житкевич Н. В., Патица В. П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019; Опубл. 10.06.2020. Бюл. № 11. 3 с.
5. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаціонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. С. 98–100.
6. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.
7. Новікова Т. П. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали



Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 39–40.

8. Новікова Т. П., Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

## РОЗДІЛ 4

### БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

#### 4.1. Висота рослин

Ряд науковців стверджують, що висота бобових рослин є одним із складових, які обумовлюють її продуктивність. Це пояснюється тим, що чим вище рослина, тим більше закладається плідних вузлів, бобів та зерен [233–235].

Виконані дослідження показали, що висота сочевиці у роки проведення досліджень змінювалась залежно від використання досліджуваних препаратів окремо і в комплексі, фаз розвитку культури та погодніх умов (Додаток Д, табл. Д.1–Д.3) Так, у фазі бутонізації рослин сочевиці позитивний вплив на ріст культури простежувався за обприскування посівів регулятором росту рослин Регоплант, де перевищення до контролю складало 4,7% (табл. 4.1). Разом з тим за внесення Регопланту по фоні І було відмічено зростання досліджуваного показника в порівнянні з варіантом Регоплант (обприскування рослин) та з контролем на 1,2 см, що може свідчити про позитивний рістрегулювальний вплив Регопланту як на кореневу систему, так і на вегетативну масу рослин [236]. Обробка перед сівбою насіння сочевиці препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 із наступним післясходовим внесенням Регопланту забезпечила зростання висоти сочевиці відносно контролю на 14,0%.

Найвищі показники висоти рослин сочевиці у фазі бутонізації культури формувались у варіанті досліді із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР, де перевищення до контролю у фазу бутонізації в середньому за роки досліджень складало 14,3%.

У фазі цвітіння наростання висоти рослин сочевиці проходило активніше, ніж у фазу бутонізації, що пов'язано із загальною активізацією ростових процесів рослин у цю фазу розвитку.

Таблиця 4.1

**Висота рослин сочевиці (см) за використання МБП і РРР  
(середнє за три роки)**

Варіант досліджу	Фаза розвитку культури		
	бутонізації	цвітіння	утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	25,8	32,1	33,3
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	28,1	34,6	37,1
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	28,3	35,8	37,6
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	29,2	35,9	38,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	27,0	34,2	35,4
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	28,2	35,4	37,9
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	29,4	36,1	38,5
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	29,5	36,5	39,7
<i>НІР</i> <sub>05</sub> *	1,1–1,5	0,9–1,3	1,0–1,4

Примітка.\* – max, min значення за роки досліджень.

Так, за передпосівної обробки насінневого матеріалу Регоплантом відмічено зростання висоти рослин відносно контролю на 7,8%, а за інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 – 11,5% та на 23,1 і 26,5% відносно фази бутонізації. У варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і РРР перевищення висоти рослин до контролю становило 11,8%. Посходове внесення регулятора росту рослин Регоплант по фону III у фазу цвітіння сприяло збільшенню висоти сочевиці до контролю на 13,7%. За передпосівної обробки насіння мікробним препаратом у фазу утворення бобів відмічено зростання висоти рослин до 37,6 см, що перевищувало контроль на 12,9%.

Найвищі показники за висотою рослин були відмічені у варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де перевищення варіанту без застосування препаратів становило 19,2%.

Підсумовуючи вищенаведений експериментальний матеріал, можна стверджувати, що застосування біологічних препаратів забезпечує покращення ростових процесів сочевиці, що може свідчити як про підвищення рівня обмінних процесів у рослинах з боку дії PPP Регоплант, так і про покращення надходження в рослини азоту, що визначає ростову активність рослин [237]. Найвища ростова активність рослин сочевиці в середньому за фазами розвитку простежувалась у варіантах комплексного використання МБП і PPP, де перевищення контролю складало 14–19%.

#### **4.2. Площа листкового апарату**

Основним показником, що характеризує фізіологічний стан посівів зернобобових культур є їх фотосинтетична діяльність. За О. О. Ничипоровичем та ін. [238], вона залежить від площі листків, швидкості їх формування та інших чинників. Так, за умов досягнення площі листків 30–40 тис. м<sup>2</sup>/га частка поглинутої енергії підвищується; подальше збільшення площі листків призводить до погіршення освітленості середніх і особливо нижніх ярусів, тому чиста продуктивність фотосинтезу може знижуватись.

За даними В. П. Карпенко та ін. [239], найінтенсивніше площа листкового апарату рослин сої сорту Романтика формувалась у фазах початок цвітіння та завершення цвітіння – початок утворення бобів у варіанті сумісного внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га з Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю Ризобофіту 100 мл/га норму насіння й Регопланту 250 мл/т, що перевищувало показники контролю на 53–49% і 49–42% відповідно.

За даними досліджень О. В. Топчій [240], за першого строку сівби максимальна площа листкової поверхні рослин сочевиці сорту Лінза формувалася за дії мікродобрива Квантум-Бобові у фазах цвітіння – 1013,4 см<sup>2</sup> (+18,5% до контролю) та утворення бобів – 897,5 см<sup>2</sup> (+25,9%), за дії Реаком-СР-Бобові – у фазі досягання – 375,0 см<sup>2</sup> (+21,8%).

Дослідженнями В. М. Чорної [241] встановлено, що передпосівна обробка насіння сої сортів КиВін, Княжа, Монада бактеріальним препаратом Оптімайз 200 (діюча речовина – азотфіксувальні бактерії *Bradyrhizobium japonicum*) у нормі 2,8 л/т сприяла збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів у період повні сходи – фізіологічна стиглість у відношенні варіантів без інокуляції у середньому на 6,6–10,1%.

На жаль, комплексна дія біологічних препаратів (на основі бульбочкових бактерій і регуляторів росту рослин) на формування площі листкового апарату (ПЛА) посівів сочевиці майже не вивчалася, що й визначило одне із завдань наших досліджень.

Виконані дослідження показали, що площа листкового апарату сочевиці у роки проведення досліджень змінювалась залежно від використання досліджуваних препаратів окремо і в комплексі, фаз розвитку культури і погодніх умов (Додаток Ж, табл. Ж.1–Ж.3). Так, у фазі бутонізації рослин сочевиці позитивний вплив на формування площі листкового апарату простежувався за обприскування посівів регулятором росту рослин Регоплант, де перевищення до контролю складало 4% (табл. 4.2).

Разом з тим за внесення Регопланту по фону І було відмічено зростання досліджуваного показника в порівнянні з варіантом Регоплант (обприскування рослин) на 21%, а з контролем – на 26%, що може свідчити про позитивний вплив на рослини сочевиці РРР. Водночас, передпосівна інокуляція насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 із наступним післясходовим внесенням Регопланту забезпечила зростання ПЛА сочевиці відносно контролю на 29%.

Таблиця 4.2

**Формування площі листкового апарату рослин сочевиці  
(тис. м<sup>2</sup>/га) за використання МБП і РРР (середнє за три роки)**

Варіант досліджу	Фаза		
	бутонізації	цвітіння	утворення бобів
Без застосування препаратів (контроль)	24,2	31,5	29,3
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	29,5	36,9	30,1
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	29,0	37,5	30,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	30,7	37,8	30,8
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	25,2	34,9	31,6
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	30,5	38,0	32,2
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	31,3	38,2	34,7
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	32,7	38,9	35,9
<i>НІР</i> 05*	1,1–1,4	1,0–1,3	1,4–1,8

Примітка:\* – max, min значення за роки досліджень.

Найвищі показники за площею листкового апарату у фазі бутонізації культури формувались у варіанті досліджу із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР, де перевищення до контролю складало 35%.

У фазі цвітіння наростання ПЛА сочевиці проходило найактивніше, що пов'язано із загальною активізацією ростових процесів рослин у цю фазу розвитку. Разом з тим, у фазу утворення бобів у порівнянні з фазою цвітіння відбувалось незначне зменшення ПЛА, що пов'язано з поступовим відмиранням листків у нижніх ярусах. Аналізуючи ПЛА у фазі цвітіння сочевиці за передпосівної обробки насінневого матеріалу Регоплантом, відмічено зростання показника відносно контролю на 17%, а за інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 –

19%. У варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і РРР перевищення до контролю становило 20%. Посходове внесення регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га сприяло наростанню ПЛА до контролю на 11% у фазу цвітіння та на 8% – у фазу утворення бобів.

Високі показники ПЛА були відмічені у варіантах внесення Регопланту по фоні I, де перевищення до контролю у фазу цвітіння в середньому складало 21%, а в фазу утворення бобів – 10%, тоді як у варіанті Фон II + РРР Регоплант (50 мл/га) перевищення становило 21 і 18% відповідно. Найбільша площа листкового апарату сочевиці була відмічена за посходового внесення РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП із РРР, де перевищення до контролю складало в середньому 23%.

Одержані дані дають підставу констатувати, що збільшення площі листкового апарату сочевиці зумовлюється інтенсифікацією проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів за дії РРР Регоплант та покращенням забезпечення рослин доступними формами азоту завдяки інокуляції азотфіксувальними мікроорганізмами *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29, що узгоджується з даними інших науковців [192, 229].

### 4.3. Пігментний комплекс

Альтернативою хімічній інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є сучасні системи господарювання, які включають екологічно безпечні технології вирощування бобових культур. У даному аспекті важливе місце займають мікробні препарати та регулятори росту рослин [242–245]. Проте питання їх комплексного впливу на рослинний організм, зокрема на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів, серед яких – формування вмісту пігментів, є вивченим недостатньо [246], що вказує на актуальність даного дослідження.

Важливим показником, що свідчить про стан фотосинтетичного апарату рослин, є вміст пігментів і їх співвідношення. Хлорофіл діє як фотокатализатор і його нестача обмежує інтенсивність фотосинтезу. Зміни в кількісному складі основних пігментів фотосинтезу ведуть до пригнічення або активізації фотосинтезу, від якого залежить господарська урожайність [72, 243, 247]. Результати використання в сільськогосподарському виробництві біологічних препаратів засвідчують підвищення вмісту хлорофілів у листках основних культур і, як результат, простежується інтенсифікація фотосинтетичної продуктивності посівів [248].

Дослідженнями В. В. Гангур із співавторами [249] встановлено, що передпосівна обробка насіння нуту сорту Пам'ять мікробним препаратом комплексної дії Ризогумін (300 г/га н. н.) та сумісна його дія з мінеральними добривами сприяла підвищенню значень суми хлорофілів *a* і *b* порівняно з контрольним варіантом на 0,61–7,08 і 4,93–8,55 мг/г сирової речовини листків відповідно.

За даними досліджень О. В. Топчій [250], у варіантах із застосуванням регулятора росту рослин Стимпо (20 мл/га) вміст хлорофілу *a* в фазу стеблуння сочевиці перевищував показник контролю на 108,3%, проте в фазу утворення бобів простежувалось зниження вмісту хлорофілу *b* на 2,8%.

Я. О. Бойком [251] встановлено зменшення негативної дії гербіциду МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) на рослини гороху озимого за рахунок внесення його в баковій суміші з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс (3,28 л/т), при цьому показники вмісту суми хлорофілів *a* і *b* були вищими відносно інших варіантів та перевищували контроль у фази бутонізації–цвітіння на 76–87%.

У досліджах В. П. Карпенка та ін. [252] з вивчення дії гербіциду Фабіан WG, регулятора росту рослин Регоплант і мікробного препарату Ризобофіт у посівах сої встановлено, що найвищий вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках рослин відмічався за використання гербіциду в нормі 90 г/га у баковій суміші



з Регоплантом (50 мл/га) на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом (250 мл/т) і Ризобофітом (100 мл/т), де перевищення відносно контролю складало 26%.

Вищенаведений літературний матеріал з питань комплексної дії біологічних препаратів (мікробних та регуляторів росту рослин) на вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a* і *b*, їх суми і каротиноїдів) у листках бобових культур є неоднозначним та засвідчує обмеженість стосовно висвітлення в літературі таких досліджень у посівах сочевиці.

Проведеними дослідженнями встановлено залежність вмісту досліджуваних пігментів у листках сочевиці від погодних умов та від дії біологічних препаратів (табл. 4.3). Так, вміст хлорофілів *a* і *b* в листках сочевиці у фазі бутонізації у варіанті без застосування препаратів (контроль) у 2014 р. становив 0,511 та 0,176 мг/г сирової речовини, каротиноїдів – 0,059 мг/г, тоді як у 2018 р. – 0,449; 0,155 мг/г і 0,049 мг/г сирової речовини відповідно. Тобто, в 2014 р. простежувалась тенденція до формування вищого вмісту пігментів у листках сочевиці, ніж у 2018 р., що є наслідком безпосереднього впливу на фізіолого-біохімічний стан рослин погодних умов, зокрема більшої кількості доступної вологи у 2014 р. Цей самий факт можна констатувати, аналізуючи вміст пігментів у листках сочевиці у 2014 і 2018 рр. в інші її фази росту й розвитку.

Аналіз вмісту пігментів у листках сочевиці у фазі бутонізації у 2014 р. в інших варіантах дослідження, зокрема за передпосівної обробки насіння Регоплантом (Фон I), показав, що вміст хлорофілу *a* перевищував контрольний варіант на 22%, хлорофілу *b* – 14% та каротиноїдів – 24%. Передпосівна інокуляція забезпечила зростання досліджуваних показників відносно варіанта без застосування препаратів – на 42% для хлорофілу *a*, 43% – хлорофілу *b* та 49% – каротиноїдів. Високі показники вмісту пігментів спостерігались у варіанті з передпосівною обробкою насіння мікробним препаратом із Регоплантом, де перевищення за сумою хлорофілів *a+b* відносно контролю складало 56%, а каротиноїдів – 58%.

Таблиця 4.3

**Вміст пігментів у листках сочевиці (мг/г сирової речовини) за використання МБП і РРР  
(фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.				2018 р.				2019 р.			
	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів ( <i>a+b</i> )	карогіноїди	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів ( <i>a+b</i> )	карогіноїди	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлоро- філів ( <i>a+b</i> )	карогіноїди
Без застосування препаратів (контроль)	0,511	0,176	0,687	0,059	0,449	0,155	0,604	0,049	0,466	0,154	0,620	0,050
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	0,621	0,200	0,821	0,073	0,530	0,183	0,713	0,060	0,552	0,187	0,739	0,064
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	0,725	0,251	0,976	0,088	0,584	0,201	0,773	0,064	0,604	0,205	0,809	0,068
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	0,794	0,278	1,072	0,093	0,638	0,226	0,864	0,066	0,662	0,234	0,896	0,077
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	0,706	0,239	0,945	0,082	0,620	0,216	0,836	0,068	0,642	0,221	0,863	0,072
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	0,716	0,246	0,962	0,086	0,658	0,229	0,885	0,072	0,686	0,234	0,920	0,078
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	0,754	0,252	1,006	0,085	0,674	0,225	0,897	0,076	0,698	0,243	0,941	0,081
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	0,856	0,299	1,155	0,116	0,736	0,261	0,997	0,077	0,762	0,267	1,029	0,088
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,035	0,012	0,047	0,004	0,031	0,012	0,041	0,003	0,033	0,011	0,044	0,003

Позитивний вплив на накопичення хлорофілів  $a$  і  $b$  та каротиноїдів у листках сочевиці спостерігався за обприскування посівів регулятором росту рослин, де перевищення до контролю складало 38, 36 та 39% відповідно. Разом з тим за внесення останнього по фоні I відмічено збільшення вмісту суми хлорофілів  $a+b$  і каротиноїдів в порівнянні з контролем у фазі бутонізації сочевиці на 40% і 46% відповідно, що може свідчити про позитивний рістрегулювальний вплив Регопланту на кореневу й вегетативну системи рослин [248, 251, 252]. Водночас, суттєве зростання вмісту досліджуваних пігментів спостерігали у варіанті з передпосівною інокуляцією насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 із наступним післясходовим внесенням Регопланту, де вміст хлорофілу  $a$  перевищував контрольний варіант на 48%, хлорофілу  $b$  – 43%, каротиноїдів – 44%.

Найвищі показники суми хлорофілів  $a+b$  і каротиноїдів формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату та Регопланту, де перевищення до контролю складало 68%, 97% відповідно.

Зростання вмісту хлорофілів  $a$  і  $b$  в листках сочевиці за дії біологічних препаратів, очевидно, зумовлювалось, з одного боку, інокуляцією насіння азотфіксувальними мікроорганізмами, завдяки чому відбувалось забезпечення рослин доступними формами азоту та, з іншого боку, інтенсифікацією проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів за дії РРР, що підтверджується даними й інших науковців [235, 243, 244]. У 2018 р. були відмічені подібні залежності за вмістом хлорофілів  $a$  і  $b$  та каротиноїдів у листках сочевиці за дії застосовуваних препаратів. Так, у варіанті із передпосівною обробкою насіння Регоплантом сума хлорофілів  $a+b$  перевищувала показники контрольного варіанту на 18%, каротиноїдів – 22%, мікробним препаратом – 28 і 31% відповідно, тоді як за сумісної дії

вищезазначених препаратів перевищення до контролю за сумою хлорофілів  $a + b$  складало 43%, каротиноїдів – 35%.

За обприскування сочевиці Регоплантом показник суми хлорофілів  $a + b$  та каротиноїдів у листках сочевиці у фазі бутонізації перевищував контрольний варіант на 38%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищого вмісту досліджуваних показників у відношенні до контролю на 47; 48 і 47% відповідно за вмістом хлорофілів  $a$ ,  $b$  та каротиноїдів.

У варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант вміст суми хлорофілів  $a+b$  і каротиноїдів зростав у порівнянні з контролем на 49 та 55%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 65 і 57% відповідно.

При вивченні вмісту пігментів у листках сочевиці у 2019 р. було відмічено подібну тенденцію з їх накопиченням, що і в попередні роки досліджень. Так, найвищі показники суми хлорофілів  $a+b$  і каротиноїдів формувались у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату та Регопланту, де перевищення до контролю складало 66% і 76% відповідно.

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках сочевиці залежав не лише від застосовуваних препаратів, а й від фази росту і розвитку культури [248]. Так, у фазу цвітіння сочевиці, коли відмічалась найвища активність ростових процесів рослин, вміст досліджуваних пігментів у листках рослин у порівнянні з фазою бутонізації значно збільшувався (табл. 4.4). Зокрема, у 2014 році за передпосівної обробки насінневого матеріалу Регоплантом показники суми хлорофілів  $a+b$  та каротиноїдів у фазі цвітіння перевищували контроль на 3 і 12%, а за інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* штам К-29 – на 7 та 17% відповідно.

Таблиця 4.4

**Вміст пігментів у листках сочевиці (мг/г сирової речовини) за використання МБП і РРР  
(фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.				2018 р.				2019 р.			
	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлорофілів ( <i>a+b</i> )	каротиноїди	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлорофілів ( <i>a+b</i> )	каротиноїди	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	сума хлорофілів ( <i>a+b</i> )	каротиноїди
Без застосування препаратів (контроль)	1,323	0,462	1,785	0,148	1,164	0,376	1,540	0,124	1,133	0,368	1,501	0,115
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	1,336	0,494	1,830	0,166	1,210	0,387	1,597	0,126	1,177	0,378	1,555	0,118
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1,403	0,508	1,911	0,173	1,280	0,417	1,697	0,135	1,245	0,408	1,653	0,127
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	1,455	0,536	1,991	0,183	1,362	0,447	1,809	0,145	1,325	0,437	1,762	0,136
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,482	0,498	1,980	0,164	1,257	0,414	1,671	0,133	1,223	0,405	1,628	0,126
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	1,508	0,554	2,062	0,188	1,385	0,459	1,824	0,146	1,348	0,449	1,797	0,140
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,535	0,578	2,113	0,189	1,397	0,439	1,830	0,154	1,359	0,429	1,788	0,134
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,574	0,591	2,165	0,194	1,467	0,466	1,933	0,158	1,427	0,456	1,883	0,142
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,072	0,026	0,099	0,015	0,067	0,021	0,086	0,013	0,058	0,024	0,087	0,013

Водночас, у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і Регоплантом перевищення до контролю становило 12% для суми хлорофілів та 24% – для каротиноїдів, що було вищим за відповідні показники у варіанті самостійної обробки насіння регулятором росту рослин на 9 і 10%, а до варіанту із самостійною обробкою мікробним препаратом – на 4 і 6% відповідно.

У варіанті досліджу із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту вміст суми хлорофілів перевищував контроль на 21%, каротиноїдів – 31%, що було більшим за відповідні показники у фазі бутонізації рослин на 87 і 67% відповідно.

Упродовж досліджень 2018 р. року спостерігалась подібна залежність з накопиченням пігментів у листках сочевиці у фазу бутонізації за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин, що й у 2014 році. Так, у варіанті із передпосівною обробкою насіння Регоплантом сума хлорофілів  $a+b$  перевищувала показники контрольного варіанту на 4 %, каротиноїдів – 2 %, мікробним препаратом – 10 і 9% відповідно, тоді як за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю за сумою хлорофілів  $a+b$  складало 17%, каротиноїдів – 17%.

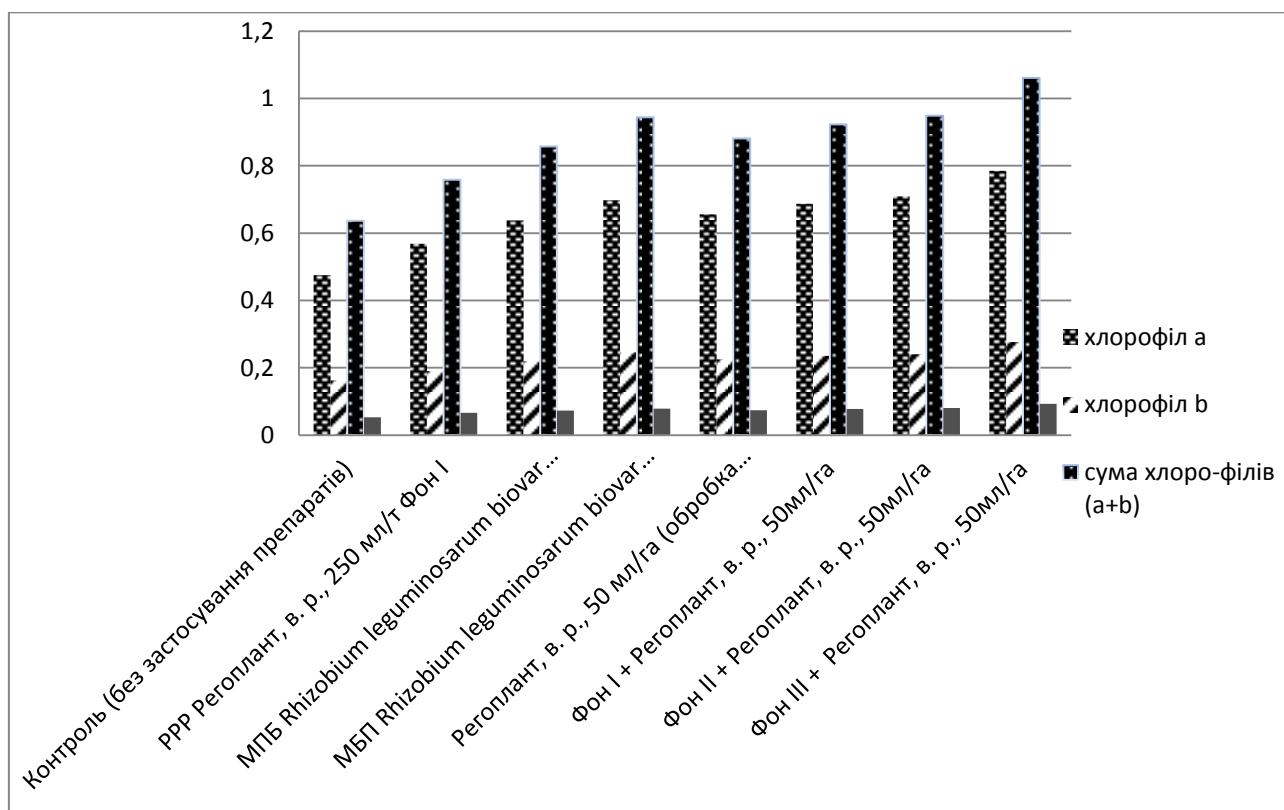
За внесення Регопланту на фоні обробки насіння перед сівбою комплексом біологічних препаратів зростання суми хлорофілів  $a+b$  і каротиноїдів в листках сочевиці до контрольного варіанту складало 26 і 27% відповідно.

У 2019 році на фоні використання мікробного препарату вміст хлорофілу  $a$  в листках рослин зростав на 10%, водночас вміст хлорофілу  $b$  збільшувався на 11%. За комплексного використання для обробки насіння сочевиці регулятора росту рослин (250 мл/т) і мікробного препарату (1,0 л/т) вміст хлорофілу  $a$  в листках зростав відносно варіанту без застосування препаратів на 17%, а хлорофілу  $b$  – на 19%. Стосовно суми хлорофілів  $a$  і  $b$  та каротиноїдів, то найвищими в листках сочевиці вони були у варіантах

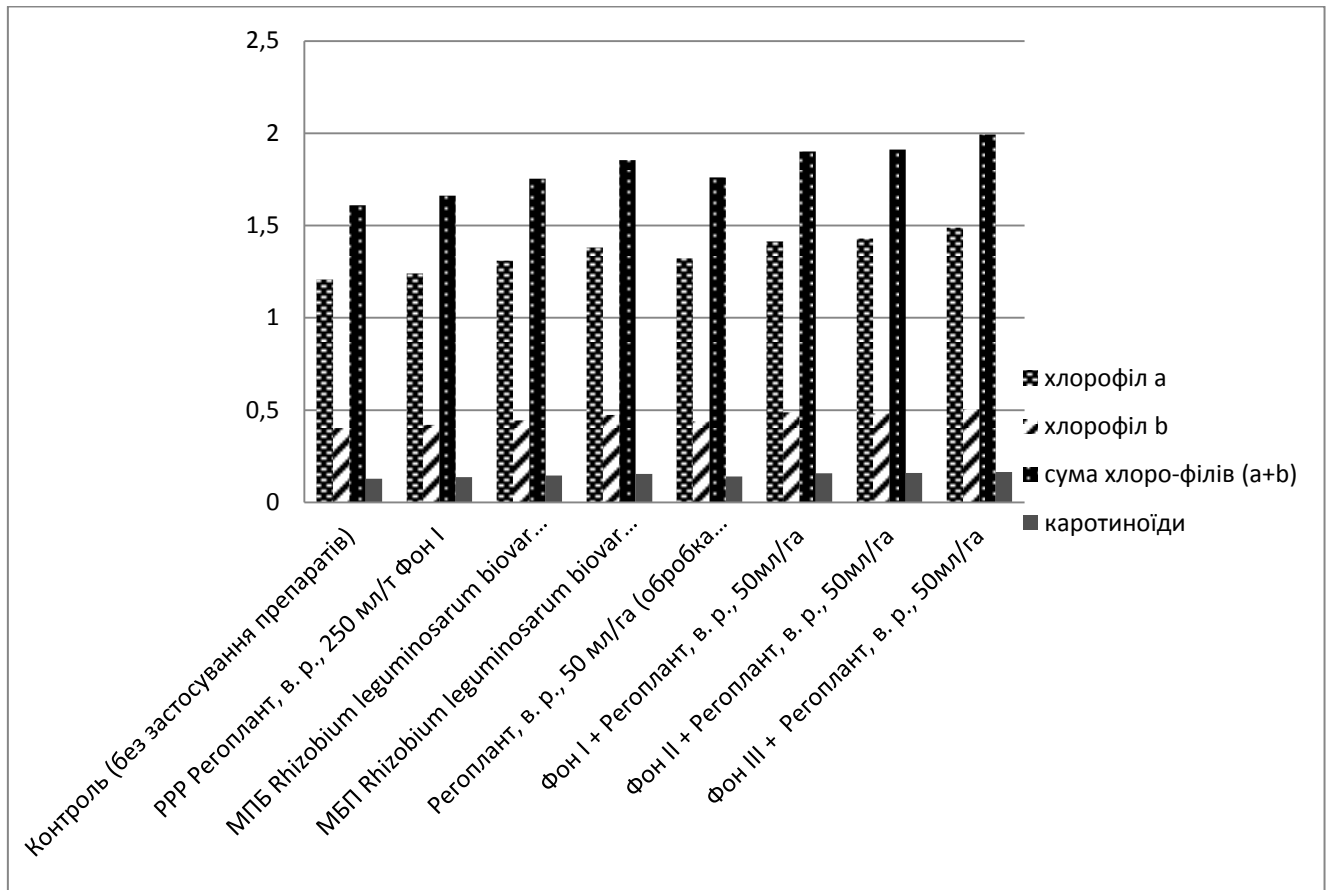
дослід з посходовим використанням РРР на фоні комплексної обробки насіння МБП та РРР, де перевищення до контролю складало 25% і 23% відповідно.

У середньому за роки досліджень (рис. 4.1) найвищі показники вмісту хлорофілу *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів у фазу бутонізації культури були відмічені у варіанті Фон III + повсходове внесення Регопланту, де перевищення за хлорофілом *a* складало до контролю 1,6 рази, *b* – 1,7 рази, *a+b* – 1,7 рази.

Схожу залежність впливу біологічних препаратів у листках сочевиці на вміст пігментів в середньому за роки досліджень було відмічено і в фазу цвітіння (рис. 4.2). Зокрема, найвищі показники вмісту хлорофілу *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів у фазу цвітіння культури були відмічені у варіанті Фон III + повсходове внесення Регопланту, де перевищення за хлорофілом *a* складало до контролю 23%, *b* – 25%, *a+b* – 24%, каротиноїдів – 28%.



**Рис. 4.1. Вміст пігментів (мг/г сирової речовини) у листках сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**



**Рис. 4.2. Вміст пігментів (мг/г сирової речовини) у листках сочевиці за використання МБП і PPP (фаза цвітіння)**

Таким чином, аналізуючи одержані дані стосовно вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів) у листках сочевиці, можна констатувати, що передпосівна обробка насіння комплексом мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 із регулятором росту рослин Регоплант із наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу листового апарату культури. В середньому за роки досліджень у всі досліджувані фази розвитку сочевиці спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів: хлорофілу *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів, що в середньому



перевищувало контроль на 19–68% – для хлорофілу *a*, 24–70% – для хлорофілу *b*, 21–68% – для суми *a+b*, 23–97% – каротиноїдів.

#### 4.4. Чиста продуктивність фотосинтезу

Досить важливим показником фотосинтетичної діяльності посівів є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю упродовж доби в розрахунку на 1 м<sup>2</sup> листкової поверхні рослин. Задовільними є показники чистої продуктивності фотосинтезу, що мають значення в межах 3–4 г/м<sup>2</sup> за добу, хороші – 4–6, дуже хороші – понад 6 г сухої речовини на 1 м<sup>2</sup> площі листків за добу [253].

За даними О. В. Шовкової [254], максимальні показники чистої продуктивності фотосинтезу сої сорту Алмаз було відмічено в міжфазний період «утворення бобів – наливання насіння». Вони становили 6,45 і 6,55 г/м<sup>2</sup> відповідно за добу на ділянках раннього строку сівби за комплексної обробки насіння та позакореневим підживленням мікродобривом Рексолін.

За 2014, 2018, 2019 роки польовими дослідженнями встановлено, що використання для передпосівної обробки насіння сочевиці МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 як окремо, так і сумісно з РРР Регоплант, позитивно вплинуло на формування показників чистої продуктивності фотосинтезу (Додаток К, табл. К.1–К.2). Так, у 2014 році у міжфазний період «бутонізація–цвітіння» у варіанті передпосівної обробки насіння сочевиці Регоплантом показники ЧПФ перевищували контроль на 5,8%, мікробним препаратом – 4,0%, їх сумішшю – 8,9%. Найвищі показники ЧПФ (15,2%) були відмічені у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га). Показник ЧПФ у 2014 р. у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» у контролі був більший на 0,96 г/м<sup>2</sup>, ніж у міжфазний період «бутонізація–цвітіння». Високі показники ЧПФ у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» були відмічені у варіанті передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату із регулятором росту рослин, де перевищення до

контролю складало 10,6%, найвищі (12,8%) – за обприскування посівів Регоплантом по фону III.

У 2018 році за міжфазний період «цвітінняутворення бобів» високі показники ЧПФ були відмічені у варіантах Фон II + PPP Регоплант (50 мл/га) та Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де перевищення контролю складало 0,19 та 0,21 г/м<sup>2</sup> відповідно.

У 2019 році у міжфазний період «бутонізація–цвітіння» за передпосівної обробки насіння мікробним препаратом показник ЧПФ перевищував контроль на 7,7% та 6,1% – для міжфазного періоду «цвітіння–утворення бобів».

У середньому за роки досліджень у варіанті з передпосівною обробкою насіння сочевиці Регоплантом ЧПФ у міжфазний період «бутонізація–цвітіння» перевищив показник контролю на 5,2%, за обробки МБП – 6,3% (табл. 4.5). У варіанті Фон III перевищення даного показника до контролю становило 6,8%.

Високі показники ЧПФ посівів сочевиці були відмічені у варіантах посходового внесення PPP Регоплант по фонах I та II, проте найвищі – у варіанті Фон III + PPP Регоплант (50 мл/га), де перевищення до контролю складало 13,6%.

Даний показник залежав не лише від застосовуваних препаратів, а й від досліджуваних міжфазних періодів. Так, у міжфазний період «бутонізація–цвітіння» показник чистої продуктивності фотосинтезу посівів складав 1,91 г/м<sup>2</sup> за добу, «цвітіння–утворення бобів» – 2,66 г/м<sup>2</sup> за добу, за різниці між показниками 39%. Передпосівна обробка насіння сочевиці Регоплантом у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» сприяла зростанню ЧПФ посівів у порівнянні до контролю на 7,9%.

Найвищі показники ЧПФ формувалися у варіантах сумісного використання для передпосівної обробки насіння PPP з МБП, де перевищення контролю становило 10,9% та за внесення по даному фону PPP (перевищення до контролю – 16,2%).

Таблиця 4.5

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і РРР Регоплант (середнє за три роки, г/м<sup>2</sup> за добу)**

Варіант досліджу	Міжфазний період росту й розвитку рослин			
	«бутонізація– цвітіння»	приріст до контролю, %	«цвітіння– утворення бо- бів»	приріст до контролю, %
Без застосування препаратів (контроль)	1,91	100	2,66	100
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	2,01	+5,2	2,87	+7,8
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	2,03	+6,1	2,88	+8,4
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	2,04	+6,9	2,95	+10,9
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,99	+4,3	2,82	+6,2
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	2,14	+12,0	3,01	+13,3
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	2,13	+11,3	3,02	+13,6
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	2,17	+13,7	3,09	+16,2
<i>НІР</i> <sub>05*</sub>	0,09–0,12	–	0,11–0,15	–

Примітка:\* – max, min значення за роки досліджень.

Одержані дані засвідчили позитивний вплив комплексного використання РРР і МБП на проходження в рослинах сочевиці основних фізіолого-біохімічних процесів, на фоні яких активізується наростання листкового апарату рослин сочевиці та проходження в них фотосинтетичних процесів. У середньому за роки досліджень найвищі показники ЧПФ формувалися у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» у варіанті за передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium*

*leguminosarum biovar viceae* штам К-29 з регулятором росту рослин Регоплант за наступного посходового внесення РРР Регоплант, що перевищувало контрольний показник на 16%.

*Матеріали розділу 4 опубліковано та апробовано в працях [275–277].*

1. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Припуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 7 (80). С. 41–47.
2. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34.
3. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.

## РОЗДІЛ 5

### УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ПОСІВАХ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

#### 5.1. Урожайність

Одним із важливих завдань сучасного рослинництва є розробка та впровадження екологічно адаптованих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Їх головна особливість полягає в тому, щоб максимально адаптувати рослини до умов навколишнього середовища з метою максимальної реалізації генетичних можливостей сучасних сортів [255].

За даними О. В. Топчій [256], найвищі показники врожайності сочевиці сорту Лінза в середньому за роки досліджень спостерігались за умови застосування регулятора росту Стимпо – 2,37 т/га за I-го строку сівби та у варіантах з поєднанням мікродобрив і регуляторів росту Квантум-Бобові + Регоплант та Реаком-СР-Бобові + Стимпо – 2,02 т/га [256, 257].

У результаті аналізу одержаних нами даних (табл. 5.1) встановлено, що урожайність сочевиці формувалась залежно від погодних умов та комбінування досліджуваних препаратів. Так, у варіанті без застосування препаратів (контроль) урожайність сочевиці сформувалась на рівні 1,50; 1,46 та 1,44 т/га за роками досліджень.

У 2014 році за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин урожайність перевищувала контроль на 6%, мікробним препаратом – 16%, їх сумішшю – 23%. Обприскування посівів Регоплантом забезпечило перевищення контролю за урожайністю на 4%. У варіанті внесення регулятора росту рослин по фону II урожайність сочевиці перевищувала варіант без обробки препаратами на 19%, по Фоні III – 32%.

Таблиця 5.1

**Урожайність зерна сочевиці (т/га) за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та РРР Регоплант**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1,50	1,46	1,44	1,47
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1,59	1,53	1,52	1,55
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,74	1,70	1,68	1,71
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1,85	1,78	1,76	1,80
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,56	1,52	1,51	1,53
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1,63	1,59	1,54	1,58
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,79	1,73	1,70	1,74
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,98	1,94	1,81	1,91
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	0,12	0,13	0,10	–

У 2018 році спостерігалась подібна тенденція до наростання урожайності відносно контролю в залежності від застосовуваних препаратів. Так, за передпосівної обробки насіння сочевиці мікробним препаратом перевищення урожайності відносно варіанту без застосування препаратів складало 16%, сумішшю МБП із РРР – 22%. Найвищі показники урожайності відмічені у варіанті Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га), де перевищення контролю складало 33%.

У 2019 році за передпосівної обробки насіння регулятором росту ролин урожайність перевищувала контроль на 6%, мікробним препаратом – 17%, їх сумішшю – 22%. Обприскування посівів Регоплантом забезпечило перевищення контролю за урожайністю на 5%. У варіанті внесення

регулятора росту рослин по фону II урожайність перевищувала варіант без обробки препаратами на 18%, по Фоні III – 26%.

Передпосівна обробка насіння Регоплантом забезпечила збільшення врожайності культури в 2014 р. до 1,59 т/га з одночасним перевищенням контролю на 6%, що в середньому на 0,5% перевищувало урожайність за 2018, 2019 роки. За передпосівної інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам K-29 урожайність сочевиці перевищувала контрольний показник в середньому за роки досліджень на 16%. У варіанті обробки насіння перед посівом комплексом вищезазначених препаратів (Фон III) перевищення варіанту без застосування препаратів становило в середньому на 22%.

Однак вищий рівень урожайності формувалася у варіантах дослідження, де передпосівну обробку поєднували із посходовим внесенням РРР. Так, за обприскування посівів Регоплантом (50 мл/га) урожайність сочевиці становила в середньому 1,53 т/га з одночасним перевищенням контролю на 4%. У варіанті Фон I + РРР Регоплант (50 мл/га) перевищення контролю в середньому по роках становило 7%.

Найвища врожайність сочевиці формувалася за внесення Регопланту на фоні обробки насіння сумішшю мікробного препарату із рістрегулятором. Так, за даного поєднання препаратів урожайність перевищувала контроль в середньому на 0,44 т/га.

Одержані експериментальні дані щодо врожайності сочевиці узгоджуються із нашими дослідженнями стосовно проходження біологічних процесів у рослинах і ґрунті та засвідчують, що підвищення продуктивності посівів сочевиці є, з одного боку наслідком активізації функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. з одночасним посиленням проходження основних мікробних процесів у ґрунті за сумісної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам K-29 з РРР Регоплант 250 мл/т із наступним післясходовим внесенням останнього.

## 5.2. Якість зерна

Мікробні препарати та регулятори росту рослин належать до сполук з відносно складним впливом на рослини впродовж вегетації [231, 258]. Тому при вивченні дії МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та РРР на мікробіологічні та фізіолого-біохімічні зміни в посівах сочевиці важливо було дослідити ефективність дії композицій препаратів на формування якості зерна даної культури.

Маса 1000 насінин та натура є одними з головних фізичних показників якості отриманого врожаю зерна сочевиці [259]. У результаті проведеного аналізу встановлено, що досліджувані препарати в значній мірі впливали на формування показників якості зерна (Додаток Л, табл. Л.1–Л.3).

Так, у 2014 році у варіанті без застосування препаратів маса 1000 насінин складала 55,5 г, натура зерна – 848,2 г/л, що перевищувало показники інших дослідних років та узгоджується з кращою вологозабезпеченістю посівів. У варіанті з передпосівною обробкою насіння мікробним препаратом маса 1000 насінин перевищувала показники у контрольному варіанті на 2,1 г, а за натурою – на 12,6 г/л. За внесення в посівах Регопланту показники маси 1000 насінин перевищували контроль на 2,5%. У варіанті Фон I + РРР Регоплант (50мл/га) натура зерна перевищувала показники контролю на 3,8%. Найвищі показники за масою 1000 насінин та натурою зерна були відмічені у варіанті обприскування посівів РРР по фону III, де перевищення до контролю складало 10,4 та 4,0%.

У 2018 та 2019 роках спостегігалась подібна тенденція стосовно формування показників маси 1000 насінин і натури зерна від використання препаратів. Так, у 2018 році найвищі показники маси 1000 насінин були відмічені у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га), що перевищувало контроль на 4,0%. У 2019 році за внесення регулятора росту рослин по фону III відмічено зростання маси 1000 насінин та натури зерна відносно контролю на 4,0 та 4,9% відповідно.



У середньому за роки досліджень (табл. 5.2) маса 1000 насінин за посходового внесення Регопланту збільшувалась на 2,5%, а натура зерна – 0,9% відповідно показників у контролі.

Таблиця 5.2

**Якість зерна сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та РРР Регоплант (середнє за три роки)**

Варіант досліду	Маса 1000 насінин, г	Натура, г/л	Вміст білка, %
Без застосування препаратів (контроль)	52,4	785,4	17,41
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	54,0	793,5	17,58
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	54,3	797,1	17,62
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	54,6	802,3	17,63
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	53,7	792,7	17,58
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	54,8	809,5	17,63
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	55,0	814,2	17,64
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	55,7	816,6	17,66
<i>НІР<sub>05</sub>*</i>	<i>1,0–1,6</i>	<i>1,9–2,6</i>	<i>0,05–0,10</i>

*Примітка:*\* – min і max значення за роки досліджень.

За передпосівної обробки насіння Регоплантом (250 мл/т) та мікробним препаратом відмічалось перевищення вищеназваних показників відносно контролю на 3,1–3,6% та 1,0–1,5% відповідно, а їх сумішню – 4,2 та 2,1% відповідно. Пофонове внесення Регопланту супроводжувалось подальшим збільшенням якісних показників зерна. Так, маса 1000 насінин сочевиці у

варіантах досліджу Фон I + PPP Регоплант, Фон II + PPP Регоплант становила 54,8; 55,0 г при 52,4 г у контролі, натура – 809,5; 814,2 г/л при 785,4 г/л у контролі.

Найвищі фізичні показники якості зерна сочевиці формувались за внесення Регопланту по вегетації, що проводили на фоні обробки насіння сумішшю мікробного препарату із регулятором росту рослин, де натура зерна складала 816,6 г/л, що на 31,2 г/л більше ніж у контролі, а маса 1000 зерен становила 55,7 г, що перевищувало контроль на 3,3 г.

Досліджувані композиції препаратів мали істотний вплив на формування такого важливого показника якості зерна як вміст білка. Так, за внесення по вегетуючих рослинах PPP вміст білка у порівнянні до контролю зростав на 1,0%. Передпосівна обробка насіння Регоплантом, мікробним препаратом на основі азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 забезпечила перевищення вмісту білка до контролю на 1,0 та 1,2%, що може бути обумовлено позитивною дією біологічних препаратів на проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів на фоні покращення умов мінерального живлення. Досить високі показники вмісту білка були відмічені у варіанті МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 + PPP Регоплант (Фон III) із одночасним перевищенням контролю на 1,3%.

Найвищі показники вмісту білка були відмічені в зерні сочевиці, яку вирощували з обробкою насіння сумішшю МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 із PPP Регоплант за наступного обприскування посівів PPP, де перевищення до контролю складало 1,4%.

Таким чином, передпосівна обробка насіння сочевиці сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 з Регоплантом за наступного посходового внесення отаннього сприяє активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, наслідком чого є зростання урожайності культури (прибавка зерна на рівні

0,44 т/га) за збільшеного на 6% показника маси 1000 зерен, 4% – натури зерна і 1,4% – вмісту білка.

*Матеріали розділу 5 опубліковано та апробовано в праці [278].*

1. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ ЗА ДІЇ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

Позитивною тенденцією аграрного виробництва є зростання з кожним роком посівних площ під зернобобовими культурами, у тому числі й під сочевицею. Сочевиця займає четверте місце серед зернобобових культур і найбільші її світові площі зосереджені в таких країнах як Канада, Індія, Туреччина, Бангладеш, Австралія, США, Непал, Сирія, Іран [260]. Збільшення посівних площ як у загальносвітових, так і в європейських масштабах, передусім відбувається за рахунок високої рентабельності та прибутковості культури, що становить близько 200%.

Підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва є основою його розширення і вдосконалення. Одним із важливих критеріїв оцінки певного виробничого засобу є економічна ефективність, що показує доцільність його проведення, прибуток та рівень його рентабельності [261]. Останній відбиває вплив як економічних, організаційно-господарських, так і природних факторів, на які аграрні підприємства не мають жодного впливу [262].

Літературні дані свідчать, що за дії біологічних препаратів урожайність та якість зерна сільськогосподарських культур може значно підвищуватись [263–266]. Проте, у зв'язку з недостатнім висвітленням даних оцінки «вигідності» їх використання доцільним є економічна та енергетична оцінка ефективності інтегрованого застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин у посівах сочевиці.

Результати проведеної економічної оцінки використання препаратів у посівах сочевиці показали, що за використання регулятора росту рослин Регоплант у нормі 50 мл/га було отримано додатковий чистий прибуток на рівні 184 грн./га, рівень рентабельності при цьому складав 157% за окупності додаткових витрат 0,5 рази (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність застосування МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і РРР Регоплант  
(середнє за роки досліджень)**

Варіант дослідю	Урожайність, т/га	Прибавка врожаю, т/га	Загальні витрати на виращування, грн./га	У т. ч. додаткові, грн./га	Вартість валової продукції, грн./га	У т. ч. додаткової, грн./га	Умовно чистий прибуток з 1 га, грн.	Собівартість 1 т продукції, грн.	Рентабельність, %	Додатковий чистий прибуток, грн./га	Окупність додатко- вих витрат, рази
Без застосування препаратів (контроль)	1,47	0	5270	0	13965	0	8695	3585	165	0	0
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1,55	0,08	5386	116	14725	760	9339	3475	173	644	5,6
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,71	0,24	5495	225	16245	2280	10750	3213	196	2055	9,1
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1,80	0,33	5551	281	17100	3135	11549	3084	208	2854	10,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,53	0,06	5656	386	14535	570	8879	3697	157	184	0,5
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1,58	0,11	5772	502	15010	1045	9238	3653	160	543	1,1
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,74	0,27	5881	611	16530	2565	10649	3380	181	1954	3,2
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,91	0,44	5937	667	18145	4180	12208	3108	206	3513	5,3

За обробки посівного матеріалу вищезазначеним препаратом в нормі 250 мл/т було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 644 грн./га за рентабельності 173% та окупності додаткових витрат в 5,6 рази. Вищими ці показники були за обробки перед посівом насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29, де додатковий чистий прибуток склав 2055 грн./га за рівня рентабельності 196% і окупності додаткових витрат в 9,1 рази. За передпосівної обробки насіння сумішшю МБП і РРР додатковий чистий прибуток становив 2854 грн./га за рівня рентабельності 208% з окупністю додаткових витрат до 10,2 рази. За внесення по фонах I і II Регопланту було одержано додатковий чистий прибуток на рівні 543–1954 грн./га за рентабельності 160–181% та окупності додаткових витрат в 1,1–3,2 рази відповідно. За комплексного використання досліджуваних препаратів (МБП + РРР – обробка насіння + РРР – обробка рослин), додатковий чистий прибуток був найбільшим і склав 3513 грн./га за рівня рентабельності 206% і окупності додаткових витрат – 5,3 рази.

Аналіз енергетичної ефективності застосування мікробного препарату і РРР у посівах сочевиці показав (табл. 6.2), що енергетична доцільність використання препаратів визначалась формуванням величини додаткового урожаю. Так, у контрольному варіанті за валових затрат енергії 24391 мДж/100 га валова енергія урожаю становила 68417 мДж/100 га. У варіанті МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 + РРР Регоплант валова енергія урожаю склала 83776 мДж/100 га із коефіцієнтом енергетичної ефективності 3,0.

У середньому за роки досліджень у варіантах передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин і мікробним препаратом коефіцієнт енергетичної ефективності перевищував контроль на 7,1%. Обприскування посівів РРР по фону II забезпечило перевищення варіанту без обробки препаратами за коефіцієнтом енергетичної ефективності на 3,6%. За внесення Регопланту по фону Регоплант + МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 Кее був найвищим та перевищував контроль на 10,7%.

Таблиця 6.2

**Енергетична ефективність застосування МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 і РРР Регоплант  
(середнє за роки досліджень)**

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Валові затрати енергії, мДж/100 га	Валова енергія урожаю, мДж/100 га	Коефіцієнт енергетичної ефектив- ності
Без застосування препаратів (контроль)	1,47	24391	68417	2,8
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1,55	24854	72140	2,9
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1,71	27274	79587	2,9
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1,80	27905	83776	3,0
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	1,53	27811	71209	2,6
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1,58	28061	73536	2,6
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1,74	28177	80983	2,9
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1,91	28380	88895	3,1

Таким чином, з одержаних даних економічного та енергетичного аналізів можна зробити висновок, що найбільш економічно вигідним є застосування в посівах сочевиці композиції МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 1,0 л/т + РРР Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га, яка забезпечує зростання рівня рентабельності до 206% при 165% у

контролі за додаткового чистого прибутку 3513 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1. Ця композиція препаратів дає можливість підвищити урожайність сочевиці за використання препаратів біологічного походження, як складової біологізованої технології.



## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено обґрунтування і нове вирішення наукового завдання з комплексної дії мікробного препарату і регулятора росту рослин на функціонування азотфіксувального симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., проходження мікробних процесів у ґрунті і фізіолого-біохімічних та продукційних – у рослинах сочевиці.

1. Встановлено, що застосування суміші мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* К-29 1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га) забезпечує підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., що супроводжується збільшенням кількості і маси активних бульбочок на коренях сочевиці, починаючи від фази бутонізації до фази наливу бобів у середньому в 2,3 і 4,4 рази відповідно.

2. З'ясовано, що комплексне застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин позитивно вплинуло на функціонування симбіотичного апарату сочевиці, що супроводжувалось зростанням чисельності в бульбочках азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, зокрема за обробки перед сівбою насіння сумішшю мікробного препарату (1,0 л/т) із регулятором росту рослин (250 мл/т) та наступного обприскування по даному фону посівів регулятором росту рослин в нормі 50 мл/га чисельність азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці за фазами розвитку бутонізація–цвітіння у середньому за роки досліджень зростала на 20–64%. За даної композиції препаратів вміст леггемоглобіну в бульбочках у фазі цвітіння сочевиці зростав у 3,9 рази (коефіцієнт кореляції між чисельністю азотфіксувальних бактерій у бульбочках і вмісту у них леггемоглобіну засвідчив середній прямий зв'язок  $r = 0,38$ ).

3. Виділено, досліджено та запропоновано до використання новий штам бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* IMB В-7837, який в порівнянні з штамми 724 і К-29 забезпечує в середньому у 1,2–1,9 рази формування більшої кількості азотфіксувальних бульбочок на коренях сочевиці, сприяє більш інтенсивному стимулюванню ростових, фізіолого-біохімічних процесів у рослинах сочевиці, що в цілому на 0,36 т/га підвищує її урожайність.

4. З'ясовано, що за оптимального функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik., яке простежувалось за сумісної обробки насіння сочевиці перед сівбою мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 1,0 л/т з регулятором росту рослин Регоплант 250 мл/т з наступним посходовим внесенням Регопланту в нормі 50 мл/га, в ґрунті активізується розвиток асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* (на 11%) та *Clostridium* (157%); загальної чисельності бактерій (59%), мікроміцетів (57%), актиноміцетів (40%); целюлозолітичних (39%), амоніфікувальних (63%) та нітрифікувальних бактерій (42%), що сприяє зростанню ферментативної активності ґрунту: каталази в середньому на 53%, інвертази – 30% та протеази – 77% за коефіцієнта кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту  $r = 0,67$ .

5. Досліджено, що оптимізація функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* – *Lens culinaris* Medik. за одночасної активізації життєдіяльності мікробних угруповань сприяє інтенсифікації проходження в рослинах сочевиці ростових та фізіолого-біохімічних процесів. Водночас найбільшу висоту та площу листкового апарату рослини сочевиці формували у варіанті досліду із внесенням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т), де

перевищення до контролю в середньому у фазі цвітіння складало 14 і 23%, при цьому вміст пігментів у листках перевищував контроль на 19–26% – для хлорофілу *a*, 24–28% – *b*, 21–26% – *a+b*, 23–31% – для каротиноїдів; чиста продуктивність фотосинтезу посівів у середньому зростала на 14–16%.

6. Найвища врожайність сочевиці формувалась за внесення Регопланту (50 мл/га) на фоні обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т), де за даного поєднання препаратів урожайність перевищувала контроль в середньому на 0,44 т/га, при цьому маса 1000 зерен зростала на 6 %, натура – 4%, вміст у зерні білка – 1,4%.

7. Найбільш економічно виправданим виявилось використання для передпосівної обробки насіння суміші мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) за наступного посходового внесення Регопланту 50 мл/га, де умовно чистий прибуток становив 12208 грн./га за рентабельності – 206% і коефіцієнта енергетичної ефективності – 3,1%.

### ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення врожайності і якості зерна сочевиці та з метою біологізації технології її вирощування, що передбачає оптимізацію функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* – *Lens culinaris* Medik. та активізацію проходження основних біологічних процесів у рослинах і ґрунті, в умовах Правобережного Лісостепу України в посівах культури слід застосовувати для передпосівної обробки насіння суміш мікробного препарату на основі бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* (штам К-29 – 1,0 л/т) у поєднанні з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) з наступним внесенням у посівах останнього в нормі 50 мл/га.

Біотехнологічній галузі пропонується до використання новий штам азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837, який за продуктивністю перевищує штам К-29, та може слугувати основою для створення нових препаративних форм мікробних препаратів для застосування у посівах сочевиці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Патики В. П., Мельничук Т. М., Шерстобоев М. К. [та ін.]. Біотехнологія ризосфери овочевих рослин; за ред. В. П. Патики. Вінниця: «ПП«ТД Едельвейс і К». 2015. 266 с.
2. Петриченко В. Ф., Тихонович І. А., Коць С. Я. [та ін.]. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем. Вісн. аграр. науки. 2012. №8. С. 5–11.
3. Голуб Г. А., Марус О. А. Концепція виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва та тваринництва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ. 2016. Вип. 254. С. 366–377.
4. Єрошина Т. В. Екологічно чиста продукція АПК: суть поняття, суспільногеографічні підходи до дослідження. Український географічний журнал. Київ. 2012. №2. С. 33–37.
5. Копилов Є. П. Ґрунтові гриби як біологічний чинник впливу на рослини. Сільськогосподарська мікробіологія. 2012. №15-16. С. 7–28.
6. Алексєєв О. О. Функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекцій: дис. канд. с.-г. наук: 03.00.07. Алексєєв Олексій Олександрович. Вінниця. 2017. 205 с.
7. Січкач В. П. Вирощування сочевиці в Україні: повернення додому [Електронний ресурс]. Пропозиція. 2017. Режим доступу до ресурсу: <http://propozitsiya.com/ua/vyroshchuvannya-sochevyci-v-ukrayini-povernennya-dodomu>.
8. Евдокимов Г. И., Яковенко В. А., Лалиев Л. Р., Исарова Л. Ю. Аминокислотный состав белков семян чечевицы. Изв. Вузов. Пищевая технология. 1974. №4. С. 10–12.
9. Орехівський В. Д., Січкач В. І., Овсянникова Л. К., Соломонов Р. В. Сочевиця – джерело рослинного білка. Зернові продукти і комбікорми. 2017. Т.17, №4 С. 22–29.

10. Чучвага І. Г., Волкогон В. В. Особливості процесу нітрифікації в кореневій зоні рослин жита озимого за дії мінерального азоту та передпосівної бактеризації. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. №17. С. 79–88.
11. Мельничук Т. М., Пати́ка В. П. Мікробні препарати системі біоорганічного землеробства. Збірник наукових статей III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця. 2011. Т. 2. С.423–426.
12. Коць С. Я., Воробей Н. А., Кири́зий Д. А., Карау́шу Е. В. Продукционный процесс люцерны при инокуляции бинарной композицией *Sinorhizobium meliloti-Nostoc*. Физиология растений и генетика. 2016. Том 48. Вып. 2. С. 120–129.
13. Patyka V. P., Pasichnyk L. A. Phytopathogenic Bacteria in the System of Modern Agriculture. Мікробний журнал. 2014. Т. 76. №1. С. 21–26.
14. Іути́нська Г. О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 149–155. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2017\\_2\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_2_21)
15. Халеп Ю. М., Веремейчик Н. М., Горбань В. П., Крутило Д. В. Економічне обґрунтування доцільності застосування біопрепаратів при вирощуванні бобових культур. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. №6. С. 132–139.
16. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А. Вплив біологічних препаратів на продуктивність посівів гречки. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 175-річчю заснування Уманського національного університету садівництва, 21 листопада 2019 р. Київ: Видавництво «Основа». 2019. С. 43–45.
17. Дерев'янський В. П., Власюк О. С., Малиновська І. М. Ефективність біологічних препаратів та мікроелементів у технології

вирощування пшениці ярої. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 17. С. 111–118.

18. Волкогон В. В. Шляхи активізації процесу асоціативної азотфіксації в агроценозах. Сільськогосподарська мікробіологія. 2011. №14. С. 7–30.

19. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур; за ред. В.В.Лихочвора, В.Ф.Петриченка. 3-є вид., Львів: НВФ «Українські технології». 2010. 1088 с.

20. Бутвина О. Ю., Толкачев Н. З., Князева А. В. Высококонкурентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов. Мікробний журнал. 1997. №4. С. 123–131.

21. Патица В. П., Шерстобоев М. К., Татарин Л. М., Мельничук Т. М. Активізація продуктивної системи мікроорганізм-рослина в овочівництві. Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки і перспективи: Зб. наук. праць. Чернігів. 2011. С. 282–288.

22. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Рослинництво. 2010. С. 41–47.

23. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. Пропозиція. 2002. №11. С. 45–47.

24. Елесеєва Л. В. Формирование урожая чечевицы при обработке семян регуляторами роста. Материалы Международной научно-практической конференции: Современному АПК – эффективные технологии. 11–14 декабря 2018. С. 149–152.

25. Патица В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. Біологічний азот. Київ: Світ. 2003. 424 с.

26. Емцев В. Т., Мишустин Е. Н. Микробиология. М.: Дрофа, 2005. 445 с.

27. Базилинская М. В. Ассоциативная азотфиксация злаковыми культурами. Москва: ВНИИТЭСХ, 1988. 44 с.

28. Коць С. Я., Моргун В. В., Патыка В. Ф. [и др.]. Биологическая фиксация азота: моногр.: в 4-х т. Т. 2: Бобово-ризобиальный симбиоз. Киев: Логос. 2011. 523 с.
29. Патыка В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. Землеробство. 2015. Вип. 2. С. 12–20.
30. Frans J. de Bruijn (Editor) Biological Nitrogen Fixation, 2 Volume Set., Wiley–Blackwell. 2015. 1260 p. Режим доступа: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118637046.html>
31. Kapulnik Y., Eds. Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U.. Plant growth promoting by rhizosphere bacteria. Plant Roots. The Hidden Halls. New York: Marcel Dekkers, 1996. P. 769–781.
32. Трепачев Е. П., Азаров Б. Ф. Биологический потенциал различных видов многолетних бобовых трав по способности к азотфиксации и вкладу органического вещества в плодородие типичного чернозема. Сельскохозяйственная биология. 1989. №3. С. 25–34.
33. Умаров М. М. Роль микроорганизмов почв в балансе азота в биосфере. Почвы–национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов (Новосибирск, 9–13 августа 2004 г.). Кн.1. Новосибирск: «Наука–центр», 2004. С. 373–375.
34. Hardy R.W.F., Havelka U. D. Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge: Univ. press, 1975. P. 421–439.
35. Newton W. E. Nitrogen fixation: some perspectives and prospects. Proc. 1st European nitrogen fixation conference. Szeged, 1994. P. 1–6.
36. Азаров Б. Ф. Симбиотический азот в земледелии Центральночерноземной зоны Российской Федерации: автореф. дис. на соискание науч. степени доктора с.-х. наук: спец. 06.01.04 «Агрохимия». Б. Ф. Азаров. Москва. 1995. 56 с.
37. Ботова Е. А., Еськов И. Д. Роль зернобобовых в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Устойчивое развитие мирового



сельского хозяйства : сб. матер. Междунар. научно-практ. конф., посвящ. 80-летию проф. Прохорова А. А. (г. Саратов, 13–15 февраля 2017 г.). Саратов, 2017. С. 182–183.

38. Буянкин Н. И. Биологизация земледелия и растениеводства – перспективное направление. Вестник РАСХН. 2005. №2. С. 40–42.

39. Кожемяков А. П., Хотянович А. В. Перспективы применения препаратов азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве. Бюллетень ВИУА. 1997. №110. С. 4–5.

40. Hansen A. P. Symbiotic N<sub>2</sub> fixation of crop legumes: achievements and perspectives Ed.: Center for Agricultural in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim. Managing ed.: Dietrich E. Leihner. Weikersheim: Margraf. 1994. 248 p.

41. Sinha B. K., Basu P. S. Indole-3-acetic acid and its metabolism in root nodule of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. Biochem. Physiol. Pflanzen. 1981. Bd 176. №3. P. 218–227.

42. Моргун В. В., Коць С. Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень. Физиология и биохимия культ. растений. 2008. Т. 40. №3. С. 187–205.

43. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Пути использования адаптивного потенциала систем «растение – микроорганизм» для конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов. Сельскохозяйственная биология. 1993. № 5. С. 36–46.

44. Коць С. Я., Патика В. П. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку. НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. К.: Логос. 2009. Т. 1. С. 344–386.

45. Проворов Н. А., Симаров Б. В. Генетический полиморфизм бобовых культур по способности к симбиозу с клубеньковыми бактериями. Генетика. 1992. Т. 28. №6. С. 5–14.

46. Комок М. С., Волкогон В. В., Косенко Л. В. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату. Сільськогосподарська мікробіологія. 2010. Вип. 11. С. 7–19.
47. Нагорний В. І. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. Вісник Сумського НАУ. 2009. Вип. 11(18). С. 79–83.
48. Камінський І. В. Ефективність використання зернобобових культур у сівозмінах як попередника. Економіка АПК. 2013. № 10. С. 24–28.
49. Badenoch-Jones J., Summons R. E., Rolfe B. G., Lethan D. S. Phytohormones, Rhizobium mutants and nodulation in legumes. 3. Auxin metabolism in effective and infective pea root nodules. Plant Physiol. 1983. Vol. 73. №2. P. 347–352.
50. Libbenga K. R., Torley J. G. Hormone-induced endoreduplication prior to mitosis in cultured pea nodule cortex cells. Amer. J. Bot. 1973. Vol. 60. №4. P. 293–299.
51. Bauer P., Coba De La Pena T., Frugier F. et. al. Role of plant hormones and carbon/nitrogen metabolism in controlling nodule initiation on alfalfa roots. Nitrogen Fixation: Fundamentals and Application. Kluwer Academic Publ. 1995. P. 443–448.
52. Алешин, П. Г., Киникаткина А. Н., Старостин С. Н. Формирования агроценоза и продукционный процесс нута при обработке семян микроудобрениями и регуляторами роста. Сб. материолов. межд. науч. – практ. конф. (17–18 марта 2016.). Пенза. 2016. Т. 1. С. 47–49.
53. Коць С. Я., Маліченко С. М., Кругова О. Д. [та ін.]. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. К.: Логос. 2001. 271 с.
54. Леонова Н. О., Титова Л. В., Танцюренко О. В. та ін. Ефективність застосування нітрагіну і регуляторів росту рослин при вирощуванні сої. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007 №5. С. 74–85.

55. Дерев'янський В. П. Продуктивність сої залежно від застосування мікробних препаратів та гербіцидів. Карантин і захист рослин. 2012. №4. С. 16–18.
56. Камінський В. Ф. Вплив інокулювання насіння на продуктивність сої у Північному Лісостепу України. Сільськогосподарська мікробіологія. 2006. №4. С. 84–92.
57. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. Физиология и биохимия культ. растений. 2011. Т. 43. №3. С. 212–225.
58. Центило Л. В. Функціонування азотфіксувального симбіозу та продуктивність гороху за різних видів і рівнів удобрення. Сільськогосподарська мікробіологія. 2016. Вип. 24. С. 37–42.
59. Центило Л. В. Активність азотфіксації в агроценозах люцерни та продуктивність культури за дії добрив та мікробного препарату. Сільськогосподарська мікробіологія. 2017. Вип. 25. С. 43–49.
60. Данильченко О. М., Жатова Г. О. Урожайність і якість насіння кормових бобів та сочевиці залежно від інокуляції бактеріальними препаратами і внесення мінеральних добрив. Вісник ЖНАЕУ. №1(53). Т. 1. 2016. С. 94–101.
61. Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. 2014. Вип. 4(81). С. 151–155.
62. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем. Сільськогосподарська мікробіологія. 2006. №3. С. 7–18.
63. Мельничук Т. М., Татарин Л. М., Пархоменко Т. Ю., Ковальчук О. М. Застосування мікробіологічних препаратів – перспективний шлях одержання екологічно чистої овочевої продукції. Проблеми виробництва екологічно чистої овочевої продукції: Вісник Державної агроєкологічної академії України: науково-теоретичний збірник (спецвипуск). Житомир. 2000. С. 64–65.

64. Баев А. А., Злотников К. М. Биологическая фиксация азота и генетическая инженерия. Биотехнология. М.: Наука. 1984. С. 217–223.
65. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. К.: Аграрна наука. 2007. 144 с.
66. Коць С. Я. Роль біологічного азоту у підвищенні продуктивності сільськогосподарських рослин. Физиология и биохимия культурных растений. 2001. Т. 33. №3. С. 208–215.
67. Головин Е. В., Зотикова В. И. Влияние инокуляции на продукционный процесс сортов сои при различной влагообеспеченности. Земледелие. 2010. №8. С. 41–43.
68. Сайко В. Ф. Землеробство в сучасних умовах. Вісник аграрної науки. 2002. №5. С. 5–10.
69. Моргун В. В., Коць С. Я., Кириченко Е. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение. Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. №3. С. 187–204.
70. Kirilenko L., Kalinichenko A., Patyka V. Influence plant pathogenic bacteria and fungi on the efficiency of the symbiotic system *Rhizobium galegae* – *Galega oritntalis* L. Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: [monografia]. Opole. 2016. P. 51–64.
71. Kao C. M., Li S. H., Chen Y. L., Chen S. S. Utilization of the metal-cyano complex tetracyanonickelate by *Azotobacter vinelandii*. Lett. Appl. Microbiol. 2005. V. 41. №2. P. 216–220.
72. Міхеєв В. Г. Вплив регуляторів росту й інокуляції насіння на продуктивність фотосинтезу посівів сої. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2012. №13. С. 172–178.
73. Мурач О. М., Волкогон В. В. Формування симбіотичного апарату гороху за впливу бактеріальних препаратів, мікроелементів і стимулятора росту. Агроекологічний журнал. Київ. 2014. №4. С. 55–59.
74. Мусієнко М. М., Капінос М. В. Фізіолого-біохімічні реакції в насінні та рослинах гороху посівного (*Pisum sativum* L.) на початкових етапах

онтогенезу за дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин. Вісник аграрної науки. 2018. №7(784). С. 11–17.

75. Ходаніцька О. О., Кур'ята В. Г. Продуктивність льону-кучерявцю за дії суміші регуляторів росту. Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. 2013. Т. 26(65). №3. С. 203–210.

76. Кур'ята В. Г., Ходаніцька О. О. Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему. Физиология и биохимия культ. растений. 2012. Т. 44. №6. С. 522–528.

77. Таран Н. Ю., Светлова Н. Б., Оканенко О. А. та ін. Регулятори росту рослин у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. Вісник аграрної науки. 2004. №8. С. 29–32.

78. Баскаков Ю. А., Шаповалов А. А. Регуляторы роста растений. М.: Знание. 1982. 64 с.

79. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Даценко А. А., Івасюк Ю. І. Фізіолого-біохімічні механізми інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Вісник Уманського НУС. Умань. 2016. №1. С. 72–76.

80. Кожемяков А. П. Эффективность и основные функции симбиотических и ассоциативных бактерий – инокулянтов симбиотических культур. Сельскохозяйственная микробиология в XIX–XXI вв. СПб. 2001. С. 25–26.

81. Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and enhanced yield in tomato. Biocontrol science and technology. 2005. V. 15(6). P. 553–569.

82. Алексеев О. О., Патица В. П. Вплив бактеріального штаму *Bradyrhizobium japonicum* М-8 та 6346 на підвищення продуктивності та якості урожаю на прикладі вірусостійкого сорту Горлиця. Тези доповідей міжнародної наукової конференції: «Мікробіологія та імунологія» (22–24 квітня 2014 р.). Київ: КНУ ім. Шевченка, 2014 р. С. 31.

83. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. Вісн. НАН України. 2014. №3. С. 57–66.
84. Турина Е. Л., Дидович С. В., Кулинич Р. А. Применение полифункциональных препаратов при выращивании бобовых культур в Крыму. Земледелие. 2015. №2. С. 31–33.
85. Шерстобоева О. В., Чайковська В. В., Чабанюк Я. В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. Мікробіологія і біотехнологія. 2007. №1. С. 75–81.
86. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2005. Вип. 1–2. С. 6–29.
87. Докучаев В. В. К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учение о микроорганизмах . Избранные сочинения. Гос. изд. с-х. литературы Москва. 1948. Т. 2. С. 290–318.
88. Костычев П. А. Состав органических веществ почвы в связи с низшими организмами. Тр. С.-Петербургского о-ва естествоиспытателей, отд. ботаники. 1890. Т. XXI. С. 6–9.
89. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. [та ін.]. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія. Київ. Аграрна наука. 2006. 312 с.
90. Воцелко С. К., Лапа С. В., Данькевич Л. А. Роль обробки насіння бобових культур біологічним препаратом ЕПАА у підвищенні імунітету та продуктивності рослин. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. Вип. 5. С. 161–170.
91. Турина Е. Л., Дідович С. В., Кулінич Р. А., Дідович О. М. Вплив мікробних прапаратів на мікробіологічні процеси в ризосфері і продуктивність зернобобових культур. Збірник наукових праць подільського державного аграрно-технічного університету. 2015. Вип. 23. С. 126–134.

92. Nelson L. M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. 2004. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2004-0301-05-RV.

93. Магомедов Р. Д., Рябуха С. С., Шелякин В. А. и др. Влияние инокуляции штаммами *Bradirhizobium japonicum* на содержание белка. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. №2 (151–152). С. 175–178.

94. Grego Stefano. Toward a sustainable agriculture. ESNA Meeting 2012 and the Recent Advances in Plant Biotechnology Workshop. Stara Lesna. Slovak Republic. 24–28 th September. 2012. P. 17.

95. Ярушин А., Курбангалиев В. Козлятник восточный на Камчатке. Кормопроизводство. 1994. №4. С. 16–17.

96. Дерев'янський В. П. Біологічний захист пшениці ярої. Карантин і захист рослин. 2012. №10. С. 1–3.

97. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами. Агроном. 2013. №1. С. 152–153.

98. Вешицький В. А. Ресурси українських родовищ фосфоритів в аспекті сталого розвитку в агроєкосистемах. Мат. міжнар. наук. – практичної конф. «Фосфор і калій у землеробстві: проблеми мікробіологічної мобілізації» (Чернігів, 12–14 липня 2004 р.). Чернігів-Харків. 2004. С. 10–20.

99. Волкогон В. В. Влияние инокуляции райграса пастбищного азоспириллами на режим азотного питания растений. Симбиотические азотфиксаторы и их использование в сельском хозяйстве. Респ. конф. (Чернигов, 1986г.): Тез. докл. Киев, 1986. С. 77–78.

100. Сальник В. П., Волкогон В. В., Мальцева Н. М., Мамчур О. Я. Вплив інокуляції та стимулятора росту триман-1 на активність азотфіксації, розвиток та формування симбіозу люцерни з бульбочковими бактеріями. Физиология и биохимия культурных растений. 2001. Т. 33. №6. С. 529–534.

101. Гутянський Р. А. Вплив гербіцидів та їх бакових сумішей на формування азотфіксувальних бульбочок соєю. Физиология и биохимия культурных растений. 2012. Т. 44. №6. С. 529–536.

102. Малиновська І. М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуєчими мікроорганізмами I *Bradyrhizobium japonicum*. Агроєкологічний журнал. Київ. 2007. №3. С. 79–83.

103. Грицаєнко З. М., Оратівська С. А. Активність ризосферної мікробіоти за дії гербіциду та біологічних препаратів у посівах гороху. Вісник Уманського національного університету садівництва, 2015. №1. С. 27–34.

104. Патыка В. Ф., Наумов Г. Ф., Подоба Л. В. [и др.] Агроэкологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов в аллелопатии высших растений. Киев: Основа. 2004. 318 с.

105. Мельничук Т. М. Перспективи застосування мікробних препаратів комплексної дії для підвищення якості насіння овочевих рослин. Научные труды ученых Крымского государственного аграрного университета. 2008. Вып. 107. Симферополь. 2008. С. 154–157.

106. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. [та ін.] Основи біологізації в технологіях вирощування сої: монографія (рекомендації виробництву); за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2017. 146 с.

107. Коць С. Я., Драгвоз І. В., Яворська В. К. та ін. Підвищення насінневої продуктивності люцерни при інокуляції різними штамми *Rhizobium meliloti* та застосуванні регуляторів росту. Бюл. ІСГМ. 2000. №6. С. 28–30.

108. Шевчук М. Й., Дідковська Т. П. Ефективність застосування бактеріальних препаратів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2007. Вип. 5. С. 129–135.



109. Оничко В. І., Письменний А. Г. Ефективність обробки насіння різних сортів сої штамами фосфомобілізуєчих бактерій в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. 2004. Вип. 1(8). С. 103–105.
110. Kucher A., Kucher L. Economics of application of mineral fertilizers. *Propozytsiya*. 2016. (Special Issue). P. 8–16.
111. Нагорний В. І., Мурач О. М. Вплив азотфіксуючого препарату, стимулятора росту і молібдену на продуктивність сої в північно-східному лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. Вип. 4. 2011. С. 77–82.
112. Коць С. Я. Дослідження біологічної фіксації азоту в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т.48, №3. С. 215–231. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR\\_2016\\_48\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2016_48_3_5)
113. Бровко И. С., Титова Л. В., Иутинская Г. О. и др. Идентификация и азотфиксирующая активность эндофитных неризобийных бактерий из клубеньков сои. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. 2014. Вип. 3(60). С. 52–55.
114. Гончар Л. М., Щербакова О. М. Вплив передпосівного оброблення насіння нуту на польову схожість та густоту стояння рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016 р. №3. С. 46–49.
115. Волкогон В. В., Сальник В. П., Волкогон К. І. та ін. Застосування біологічного препарату мікрогуміну в технологіях вирощування ярого ячменю. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2004. Спецвипуск. С. 111–119.
116. Sarig S., Blum A., Okon Y. Improvement of the water status and yield of fieldgrown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense* J. *Agric. Sci.* 1988. №110. P. 271–277.
117. Волкогон В. В., Луценко Н. В., Дімова С. Б. та ін. Особливості фосфорного живлення гречки при застосуванні бактеризації та ріст

стимулятора залежно від агрофону. Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації: наук. доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (Чернігів, 2004 р.). Чернігів. 2004. С. 20–29.

118. Venkatesvarlu B., Rao A. V. Physiological and biochemical basis of the *Azospirillum* pearl millet association. Proc. DAE Symp. Newer Approaches Biol. Appl. (Barodu, 1984). Bombay. 1985. P. 308–312.

119. Bothe H., Zimmer W., Danneberg G. Die Assoziation zwischen Bakterien der Gattung *Azospirillum* und Grasern. Biol. Unserer Zeit. 1988. Vol. 18. №5. P. 145–148.

120. Коць С. Я., Михалків Л. М. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцерни. К.: Логос. 2005. 300 с.

121. Надкерничний С. П., Надкернична О. В. Бактерії *Azospirillum brasilense* як фактор підвищення імунітету рослин до збудників кореневих гнилей. Бюлетень Інституту с.-г. мікробіології. 1999. №4. С. 14–17.

122. Господаренко Г. Особливості удобрення зернобобових. The Ukrainian Farmer. 2013. №2. С. 66–68.

123. Калюжна Ю. І. Вплив мікробіологічного препарату у поєднанні з біостимулятором росту на розвиток і врожайність рослин сої. Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних підприємствах. Тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції. Умань. 2013. С. 61–62.

124. Таланчук П., Малишев В. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку. Університет «Україна». 2008. №5–6. С. 10–11.

125. Kots S. Y., Mykhalkiv L. M., Melnykova N. M. Improving productivity under water stress by treatment with periplasmic glucan. Grassland Sci. Eur. 2003. №8. P. 649–652.

126. Трофимова Т. Ф. Влияние бактериальных препаратов и стимуляторов роста на продуктивность сои в условиях Кузнецкой Лесостепи.

Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. спец: 06.01.01. «Общее земледелие». Новосибирск. 2012. 17 с.

127. Григор'єва О. М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах північного степу України. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2004. Вип. 21 С. 115–121.

128. Кириленко Л. В., Шкатула Ю. М. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах козлятника східного. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2014. №3(60). С. 87–90.

129. Моргун В. В., Коць С. Я. Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку (за матеріалами V з'їзду Українського товариства фізіологів рослин). Физиология растений и генетика. 2017. Т. 49. №5. С. 452–459. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR\\_2017\\_49\\_5\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2017_49_5_11).

130. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту рослин і гербіцидів; за ред. В. П. Карпенка. Умань. Видавець „Сочінський”. 2016. 357 с.

131. Покопцева Л. А., Єременко О. А., Булгаков Д. В. Використання регуляторів росту рослин для передпосівної обробки насіння соняшнику гібриду армада. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. 2015. Вип. 4. С. 124–135.

132. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. К. 2011. 40 с.

133. Гутянський Р. А. Утворення соєю азотфіксуювальних бульбочок за використання страхових гербіцидів, регулятора росту та мікродобрива. Сільськогосподарська мікробіологія. 2015. Вип. 21. С. 77–81.

134. Горобчук А. Прибуткові бобові культури. Агробізнес сьогодні. 2018. №17(384). С. 72–76.

135. Присяжнюк О. І., Топчій О. В. Вплив елементів технології на формування бобів та продуктивність сочевиці. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. 2017. Вип. 3. С. 35–47.

136. Петкевич З. З., Мельніченко Г. В. Нут, сочевиця – перспективні зернобобові культури для вирощування на Півдні України. Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 65. С. 104–107.

137. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво [20 зернових культур]. Львів: Українські технології. 2008. 624 с.

138. Овсянникова Л. К., Валевская Л. А., Орлова С. С., Щербатюк С. И. Актуальные проблемы использования семян чечевицы. International Scientific and Practical Conference World Science. Ajman. 2017. №11(27). С. 4–6.

139. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. за ред. О. І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта. 2001. С. 335–338.

140. Біологічні особливості сочевиці. Режим доступу: URL: <http://agroscience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-sochevytsi>

141. Черенков А. В., Клиша А. І., Гирка А. Д. [та ін.] Сучасна технологія вирощування сочевиці. Дніпропетровськ: Роял принт. 2013. 48 с.

142. Пылов А. П., Шевцова Л. П. Чечевица. Саратов: Приволжское книжное изд-во. 1981. 56 с.

143. Леонтьев В. М. Чечевица. 2-е изд., перераб. Ленинград: Колос. 1966. 179 с.

144. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». Випуск №1. 2014. С. 135–139.

145. Прокопчук С. В. Оптимізація мінерального живлення нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис.

канд. с.-г. наук: 06.01.04. Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського". Харків. 2015. 20 с.

146. Методы культивирования азотфиксирующих бактерий. Способы получения и применения препаратов на их основе : (Метод. рекомендации). ВАСХНИЛ, ВНИИ с.-х. микробиологии; [Сост. А. В. Хотяновичем]. Л.: Б. и., 1991. 60 с.

147. Ващенко Л. Н., Литвинчук О. А., Гвоздяк Р. И., Воцелко С. К. Желирующие свойства экзополисахарида криламида в композиции с агар-агаром. Мікробіологічний журнал. 2004. Т. 66. №6. С. 37–43.

148. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. [та ін.] Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія.; за ред. В. В. Волкогона. К.: Аграр. наук. 2010. С. 235–245.

149. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні : спец. випуск журн. «Пропозиція». К.: Юнівест медія. 2018. С. 1040.

150. Клыша А. И., Кулинич А. А. В мире знают цену чечевице. В Украине пока прицениваются. Зерно. 2012. №12. С. 72–76.

151. Петров П. В., Пос-політак Т. Є., Юркевич Є. О. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. К.: Аграрна освіта. 2009. 268 с.

152. Топчій О. В. Розробка елементів технології вирощування сочевиці в умовах лісостепу України: дис. ...канд. с.-г. наук : 06.01.09. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ, 2018. 226 с.

153. Сочевия, сорт Лінза. Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/doshka-ogoloshen/ad/bobovi-kultury,8/nasinnia-sochevytsi-zelenoi-sort-linza,35.html>

154. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука. 1986. 268 с.

155. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. Г. С. Посыпанов и др. Москва: Агропомиздат. 1991. 200 с.

156. Boore D. R., Castenholz R. W. editors. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Vol. 2: Garrity G.M., editor-in-chief. 2nd ed. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. 2005. №2. Part C. 1388 p.

157. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы: методические рекомендации [Попова Ж. П., Герш Н. Б., Гамова М. В. и др.]; под ред. Ю. М. Возняковской. Ленинград. 1987. 47 с.

158. Методы почвенной микробиологии и биохимии. И. В. Алексеева и др.; под ред. Д. Г. Звягинцева. Москва: МГУ. 1991. 304 с.

159. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.

160. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. Москва: Академия. 2003. 256 с.

161. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В. О. Єщенка. К.: Дія. 2005. 288 с.

162. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.

163. Городній М. М., Бикін А. В., Сердюк А. Г. [та ін.]. Агрохімічний аналіз. За ред. Городнього М. М. К.: Арістей. 2007. 624 с.

164. ДСТУ ISO 5983:2003. Корми для тварин. Визначення азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Стандартінфарм. 29.12.2017. С. 1–8.

165. ДСТУ 4595:2006. Білок соєвий. ТУ 29.12.2017 С. 1–6.

166. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай. 1988. 208 с.

167. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 350 с.

168. Шерстобоева Е. В., Дудинова И. А., Крамаренко С. Н. Биопрепараты азотфиксирующих бактерий: проблемы и перспективы применения. Микробиол. журнал. 1997. Т. 59. №4. С. 109–117.

169. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Біологічна активність ґрунту в агроценозі сої за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду і біологічних препаратів. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2016. №62 (вересень). Режим доступу до журн.: <http://journals.nubip.edu.ua>.

170. Вознюк С. В., Титова Л. В., Ратушинська О. В., Іутинська Г. О. Формування та функціонування симбіотичних систем та мікробіоценозу ризосфери сої за використання різних фунгіцидів. Мікробний журнал. 2016. Т. 78. №4. С. 59–70.

171. Кругова Е. Д. Специфические стратегии клубеньковых и фитопатогенных бактерий при инфицировании растений. Физиология и биохимия культ. растений. Киев. 2009. Т. 41. №1. С. 3–15.

172. В. П. Петриченко В. В. Лихочвор, С. В. Іванюк та ін. Соя: монографія. Вінниця: Діло. 2016. 400 с.

173. Алексеев О. О. Симбіоз *Bradyrhizobium japonicum* і *Glycine hispida* за дії абіотичних факторів. Збірник наукових праць «Сільське господарство та лісівництво» ВНАУ. 2015. №1. С. 118–127.

174. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Чорна В. М. та ін. Формування азотфіксувального потенціалу та продуктивності сортів сої селекції інституту кормів та сільського господарства НААН. Мікробний журнал. 2018. Т. 80. №5. С. 63–75.

175. Баймиев А. Х. и др. Углеводсвязывающие пептиды лектинов бобовых растений в связи с их различной хозяйской специфичностью при образовании симбиоза с клубеньковыми бактериями. Генетика. 2001. №37. С. 215–222.

176. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. №2. С. 13–17.
177. Крутило Д. В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2008. Вип. 7. С. 147–160.
178. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука. 1973. 288 с.
179. Кретович В. Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями. М.: Наука. 1994. 164 с.
180. Проворов Н. А. Эволюция генетических систем симбиоза у клубеньковых. Генетика. 1996. Т. 32. №8. С. 1029–1040.
181. Патыка В. Ф. Биологический азот и новая стратегия производства продукции растениеводства в Украине. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. 10. 2014. №3(60). С. 10–15
182. Jimenes J. An altruistic model of *Rhizobium-legume* association. J. Hered. 1989. Vol. 80. P. 335–337.
183. Boursier P. J., Raguse C. A., Taggard K. L. Growth and nitrogen-fixing responses of subterranean clover to application and subsequent removal of ammonium nitrate. Crop. Sci. 1989. Vol. 29. №3. P. 758–763.
184. Brockwell J., Gault R. R., Mortharpe L. J. et al. Effect of soil nitrogen status and rate of inoculation on the establishment of populations of *Bradyrhizobium japonicum* and on the nodulation of soybeans. Austral. J. Agr. Res. 1989. Vol. 40. №4. P. 753–762.
185. Gibson A. H., Harper J. E. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. Crop. Sci. 1985. Vol. 25. №3. P. 497–502
186. *Rhizobiaceae*: молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями; под ред. Г. Спайнка, А. Кондороши, П. Хукаса; пер. с англ. И. А. Тихоновича и Н. А. Проворова. СПб. 2002. 568 с.



187. Лупашку З. А., Бобейко З. Ф., Болокан Г. Н. Оценка токсичности действия гербицидов на *R. japonicum* в чистой культуре. Изв. АН МолдССР. 1987. №1. С. 74–75.

188. Тихонович И. А. Специфичность взаимодействия бактерий и растений как пример образования интегрированных генетических систем. Проблемы экспериментальной ботаники. V Купревичские чтения. Минск: Тэхналогія, 2006. С. 5–49.

189. Алексеев О. О., Патица В. П. Симбіоз *Bradyrhizobium japonicum* М-8 та 634б з вірусостійким сортом сої Горлиця. «XIII з'їзд Товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського». Ялта. 2013. С. 147.

190. Tryhuba O. V., Pyda S. V. *Lupinus albus* L. Nitrogen fixation and photosynthesis in the case of different production technologies. Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference (Chernihiv–Nizhyn: Publisher PE Lysenko N. M., 2015). P. 60–61.

191. Вознюк С. В., Титова Л. В., Ляска С. І., Іутинська Г. О. Вплив бактеріального препарату Ековітал у комплексі з сучасними фунгіцидами на ризосферний мікробіоценоз, стійкість до грибних патогенів і продуктивність сої. Мікробний журнал. 2015. Т. 77. №4. С. 8–14.

192. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Оратівська С. А. [та ін.] Біологізована технологія вирощування бобових культур (соя, горох); за ред. В. П. Карпенка. Умань 2016. 19 с.

193. Посыпанов Г. С., Буханова Л. А., Федоров В. Ф. Влияние предпосевной обработки фунгицидами и инокуляции семян на показатели симбиотической деятельности посевов сои. Известия ТСХА. 1987. №1. С. 48–53.

194. Сичкарь В. И. Значение зернобобовых культур в повышении стабильности степного земледелия. Вісн. аграр. науки Причорномор'я. 2003. Спец. вип. №3. С. 175–180.

195. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Івасюк Ю. І. Розвиток вільноживучих ризосферних азотфіксаторів сої за використання біологічно активних препаратів. Зб. наук. праць Уманського НУС. 2015. Вип. 88. Ч. 1. С. 53–60.
196. Журба М. А., Волкогон В. В. Активність азотфіксації та емісія  $N_2O$  в агроценозах гороху за дії добрив та передпосівної бактеризації. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2014. №3(60). С. 75–79.
197. Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В. [та ін.] Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур; за ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука. 2011. 156 с.
198. Пида С. В., Машковська С. В. Кореневі виділення: хімічний склад, значення в алелопатії та перспективи використання. Агроекологічний журнал. Київ. 2003. №3. С. 47–51.
199. Мильто Н. И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. Минск: Наука и техника. 1982. 296 с.
200. Умаров М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве. М.: ГЕОС. 2007. 138 с.
201. Кравченко Л. В. Роль корневых экзометаболитов в интеграции микроорганизмов с растениями: автореф. дис. на соиск. уч. степени доктор биол. наук: спец. 03.00.07 «Микробиология». Санкт-Петербург. 2000. 44 с.
202. Карпенко В. П., Заболотний О. І., Притуляк Р. М. та ін. Мікробіота ґрунту ризосфери сої за використання Ризоактиву і гербіцидів. Мікробіологічний журнал. 2019. Т. 81. №3. С. 48–61.
203. Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды. М.: Агропромиздат. 1991. 128 с.
204. Борисюк Б. В., Дем'янчук Л. С., Бунас А. А. Вплив регуляторів росту рослин на активність мікрофлори кореневої зони рослин хмелю. Агроекологічний журнал. Київ. 2013. №3. С. 70–74.

205. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину. Київ: Техніка. 1999. 270 с.
206. Грицаєнко З. М, Заболотний О. І. Мікробіологічна активність ґрунту в ризосфері кукурудзи за різних способів застосування гербіциду Базис 75 і Зеастимуліну. Вісник Уманського НУС. Умань. 2012. № 1–2. С. 6–13.
207. Даценко А. А. Мікробіологічна активність ризосфери гречки за дії бактеріального препарату Діазобактерин і регулятора росту рослин Радостим. Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань. 2014. Вип. 86. С. 215–220.
208. Шерстобаєва О.В., Чабанюк Я.В., Калинич О.М. та ін. Біологічна активність у ризосфері сої за комплексної інокуляції. Агроєкологічний журнал. 2011. №2. С. 77–80.
209. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. Москва: МГУ. 2005. 445 с.
210. Тонха О. Л. Мікробний ценоз і органічна речовина чорноземів українського степового природного заповідника (відділення "Михайлівська цілина") за різного їх використання. Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство. 2011. №1. С. 101–106.
211. Дидович С. В., Горгулько Т. В., Кулинич Р. А. Влияние полифункциональных биопрепаратов на микробиологические процессы в ризосфере и продуктивность бобовых культур. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2014. №2. С. 14–18.
212. Кириленко Л. В. Вплив екологічних факторів на процес біологічної азотфіксації. XIII з'їзд Товариства Мікробіологів України ім. С. М. Виноградського (01–06 жовтня). 2013. С. 163
213. Алексеев О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. Збірник наукових праць «Сільське господарство та лісівництво» ВНАУ. 2016. №4. С. 187–198.

214. Chaykovskaya L. A., Patyka V. F., Melnychuk T. N. Phosphate mobilizing microorganisms and their influence on the productivity of plants. Food security and sustainability of agro-ecosystem through basic and applied research. Kluwer Academic publishers. 2001. Vol. 92. P. 668–669.

215. Поташова Л. М. Екологічно безпечна технологія вирощування квасолі на чорноземах Східного Лісостепу України: Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Ін-т земл-ва УААН. К. 2000. 16 с.

216. Пида С. В. Еколого-трофічні взаємодії вищих рослин і мікроорганізмів. Аграрна наука і освіта. 2007. Т. 8. №2. С. 11–18.

217. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунту. Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий науковий збірник. 2009. Чернігів. С. 7–32.

218. Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez A. and ather. Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2015 Jun;99(12):4983-96. doi: 10.1007/s00253-015-6656-4. Epub 2015 May 9.

219. Singh, D. B., Singh, H. B., Prabha, R. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity.* Delhi: Springer. 2016.10.1007/978-81-322-2647-5.

220. Timmusk, S., Behers, L., Muthoni, J. and ather. Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Front. Plant Sci.* 2017. 8:49. 10.3389/fpls.2017.00049

221. Umesha, S., Singh, P. K., Singh, R. P.. “Microbial biotechnology and sustainable agriculture,” in *Biotechnology for Sustainable Agriculture*, Chap 6 eds Singh R. L., Monda S., editors. (Sawston: Woodhead Publishing;). 2018. 185–205. 10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4

222. Pathak, D. V., Kumar, M.. “Microbial inoculants as biofertilizers and biopesticides” in *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity: Research Perspectives Vol.* Delhi: 2016. Springer, New Delhi. P. 197–209.

223. Пати́ка В. П., Кири́ленко Л. В., Алексе́ев О. О. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. 2017. №1. С. 123–132. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPU\\_2017\\_1\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPU_2017_1_21)

224. Голодрига О. В., Розборська Л. В., Леонтюк І. Б., Заболотний О. І. Вплив гербіциду Десілет, регулятора росту рослин Біолан і мікробного препарату Ризобофіт на активність ґрунтової мікрофлори та симбіотичного апарату сої. Агробіологія. 2015. №1. С. 44–48. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/>

225. Комок М. С., Волкогон В. В., Дімова С. Б. Фізіологічно активні речовини як засіб підвищення ефективності мікробних препаратів для сої. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матер. VIII наук. конф. Молодих учених (м. Чернігів 25–27 вер. 2012 р.). Чернігів: ЦНП. 2012. С. 37–41.

226. Пономаренко С. П., Терек О. И., Грицаенко З. М. [и др.] Биорегуляция микробно-растительных систем; под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. Киев: Ничлава, 2010. 472 с.

227. Цыганкова В. А., Андрусевич Я. В., Бабаянц О. В. и др. Повышение регуляторами роста иммунитета растений к патогенным грибам, вредителям и нематодам. Физиология и биохимия культурных растений. 2013. Т. 45. №2. С. 138–147.

228. Артюшенко Т. А. Вплив агростимуліну на рівень фізіологічної адаптації гороху до сумісної дії сполук нікелю і кадмію. Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти: матер. II міжнар. наук. конф. (м. Харків 11–13 жовт. 2011 р.). Харків. 2011. С. 161–162.

229. Карпенко В. П., Шутко С. С., Полторецький С. П. [та ін.] Елементи біологізації в рослинництві: монографія.; за ред. В. П. Карпенка. Умань: «Сочінський М. М.». 2017. 112 с.

230. Кулик А. Ф., Василюк О. М. Активність каталази у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. 2009. Вип. 17. Т. 2. С. 63–68.

231. Івасюк Ю. І. Ефективність симбіозу соя – бульбочкові бактерії за використання біологічних препаратів і гербіциду: автореферат дис.к. с.г. н.: спец. 03.00.07 – мікробіологія. Умань. 2017. 23 с.

232. Примак І. Д., Купчик В. І., Колесник Т. В. Вплив системи обробітку і удобрення на ферментативну активність чорнозему типового. Агробіологія. 2011. №6(86). С. 5–9.

233. Івасюк Ю. І. Ростові процеси рослин сої за дії біологічних і хімічних речовин. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали II міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. 20–21 жовтн. 2015 р. Тернопіль: Крок. 2015. С. 66–68.

234. Тригуба О., Гурська О., Гура А. Вплив бактеріальних добрив, біопрепаратів та їх композицій на ростові процеси люпину білого. Актуальні проблеми гуманітарної освіти: збірник наукових праць. Кременець: Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут ім. Тараса Шевченка. 2013. №9. С. 200–203.

235. Алексеви́ч М., Ванік М., Конончук А., Конончук О. Оптимізація фізіолого-біохімічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації: матер. ІХ Всеукр. наук. конф. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2013. С. 229–233.

236. Карпова Г. А. Эффективность использования регуляторов роста и бактериальных препаратов на яровой пшенице. Зерновое хозяйство. 2007. №5. С. 16–17.

237. Лісовий М. М., Пархоменко О. Л., Дідович С. В. та ін. Розробка системи комплексного застосування мікробних препаратів в агротехнології вирощування нуту. Сільськогосподарська мікробіологія. 2010. Вип. 11. С. 90–101.

238. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Гмори С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд.-во АН СССР. 1961. 133 с.
239. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Формування листкової поверхні рослин сої і суми хлорофілів за інтегрованої дії гербіциду та біологічних препаратів. Агробіологія. 2018. №1. С. 43–50.
240. Топчій О. В. Вплив строків сівби на фотосинтетичну активність сочевиці. Інтенсивні розробки молодих учених для конкурентоспроможного аграрного виробництва : матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів (Чабани, 10–12 листопада 2015 р.). Київ. 2015. С. 43–44.
241. Чорна В. М. Формування урожайності та якості насіння сої за дії інокуляції та ретарданту в умовах Лісостепу Правобережного: дис. ...канд. с.-г. наук: 06.01.09. Інститут кормів та сільського господарства Поділля. Вінниця. 2017. 268 с.
242. Голодрига О. В., Заболотний О. І., Леонтюк І. Б. та ін. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за умов комплексного застосування гербіциду Десілет, регулятора росту рослин біолан та мікробного препарату ризобофіт. Вісник Уманського національного університету садівництва. Умань. 2015. №1. С. 32–36.
243. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2018. Вип. 4. С. 48–54.
244. Данильченко О. М. Передпосівна інокуляція насіння як шлях підвищення продуктивності гороху. Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва: мат. V Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених (21–24 черв. 2011). Яремче. 2011. С. 19–20.
245. Векірчик К., Конончук О. Вплив регулятора росту Емістиму С на деякі фізіологічні процеси, ріст, розвиток і продуктивність сої культурної в умовах Тернопільської області. Тези II Міжн. конф. [«Онтогенез рослин у природньому та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та

екологічні аспекти»], (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). Львів: вид-во «Сполом», 2004. С. 137.

246. Тараріко Ю. О., Токмакова Л. М., Шерстобоева О. В. Вплив органічних і мінеральних добрив на еколого-енергетичний стан ґрунтів. Вісник аграрної науки. Київ. 2001. №12. С. 55–59.

247. Трибель С. О., Стригун О. О., Гаманова О. М. Сучасний стан хімічного методу захисту рослин. Карантин і захист рослин. 2014. №1. С. 1–4.

248. Рожков А. А., Пузик В. К. Влияние способов посева и норм высева на содержание пигментов фотосинтеза в листьях растений тритикале яровой. Вестн. Белорусской гос. с.-х. акад. 2013. №4. С. 1–6.

249. Гангур В. В., Єремко Л. С., Сокирко Д. П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. Зернові культури. 2017. Т. 1. №2. С. 285–292.

250. Топчій О. В. Вміст хлорофілів у листках сочевиці залежно від строків сівби та застосування мікродобрив і регуляторів росту. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.). Вінниця, 2017. С. 146.

251. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого: Новини науки та прикладні наукові розробки: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 28 жовт. 2018 р.). Львів. 2018. Т. 5. С. 76–78.

252. Карпенко В. П., Шутко С. С. Вміст хлорофілу і фотосинтетична продуктивність рослин соризу за використання гербіциду Пік 75 WG і регулятора росту рослин Регоплант. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань. 2018. №93. С. 23–32.



253. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 330 с.
254. Шовкова О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та способів застосування мікродобрив. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. №2. С. 156–160.
255. Василюк В. М. Фізіологічні особливості взаємодії сої і люпину з новими штамми повільно рослих бульбочкових бактерій. Автореф. дис. канд. біол. наук. НАН України. 2008. 18 с.
256. Топчій О. В. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на урожайність сочевиці. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква. 2017. Вип. 2. С. 86–91.
257. Присяжнюк О. І., Топчій О. В. Формування елементів структури врожайності сочевиці залежно від строків сівби, мікродобрив і регуляторів росту. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць. 2017. Вип. 25. С. 72–78.
258. Пида С. В., Тригуба О. В., Григорюк І. П. Дія бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин на фотосинтетичний апарат люпину білого (*Lupinus albus*). Біоресурси і природокористування. 2014. Том 6. №1–2. С. 12–18.
259. Холод С. М. Цінність сочевиці та перспективи її вирощування в Україні. Рослинний світ України: теоретичні і прикладні аспекти вивчення і освоєння у виробництві основних і малопоширених видів (сільськогосподарські і біологічні науки): матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (с. Крути, 23–24 березня 2016 р.) Ніжин. 2016. С. 196–201.
260. Гатулина, Г. Г., Никитина С. С. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования: монография. М.; 2016. 242 с.
261. Халеп Ю. М., Козар С. Ф., Євтушенко Т. О. Економічна та енергетична ефективність застосування Бактопасльону в технології

виращування картоплі. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 17. С. 159–169.

262. Ушкаренко В. О., Лавренко С. О., Максимов М. В. Економічна ефективність використання різних технологічних прийомів виращування сочевиці в умовах Південного Степу України. Збірник наукових праць УНУС. Умань. 2016. Вип. 88. Ч. 1. С. 195–202.

263. Панасюк О. В., Панасюк Р. М. Інокуляція насіння як основний чинник підвищення врожайності зерна сої та родючості ґрунту. Матеріали науково-практичної конференції: «Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства». (Дубляни, 18–19 лютого 2016 р.) С. 299–304.

264. Максимов М. В. Вплив способу обробітку ґрунту, мінеральних добрив та густоти рослин на урожайність зерна сочевиці за різних умов зволоження в умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2016. Вип. 95. С. 74–79.

265. Карпенко В. П., Шутко С. С. Урожайність соризу за використання гербіциду Пік 75 WG та рістрегулятора Регоплант. Матеріали Всеукраїнської Науково-практичної конференції «Екологічно безпечне, високопродуктивне використання ґрунту та застосування добрив». Умань. 2017. С. 18–19.

266. Клиша А. І., Кулініч О. О. Елементи продуктивності у сочевиці та їх вплив на урожайність. Селекція і насінництво. Харків. 2005. Вип. 90. С. 268–274.

267. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 56–62.

268. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. №2. С. 39–44.

269. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Agrology*. Дніпро. 2019. №2(3). С. 146–150.

270. Новікова Т. П., Карпенко В. П., Коць С. Я., Воробей Н. А., Калініченко А. В., Петриченко В. Ф., Гнатюк Т. Т., Житкевич Н. В., Патица В. П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019; Опубл. 10.06.2020. Бюл. №11. 3 с.

271. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаціонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. С. 98–100.

272. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.

273. Новікова Т. П. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 39–40.

274. Новікова Т. П., Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

275. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. №7(80). С. 41–47.

276. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. №10(83). С. 28–34.

277. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.

278. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	46	45	44	45
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	48	47	46	47
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	49	47	48	48
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	49	48	47	48
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	45	46	44	45
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	50	48	49	49
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	50	49	48	49
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	50	49	50	50
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	2,2	2,4	2,1	–

Таблиця А.2

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	48	46	47	47
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	49	49	48	49
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	50	49	50	50
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	50	50	49	50
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	48	47	48	48
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	50	49	50	50
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	50	50	49	50
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	50	50	50	50
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	2,5	2,2	2,4	–

Таблиця А.3

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* (кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.) в ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР т (фаза утворення бобів)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	47	46	46	46
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	49	48	48	48
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	50	48	49	49
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	50	49	50	50
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	48	49	48	48
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	50	50	49	50
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	50	50	50	50
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	50	50	50	50
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	2,3	2,4	2,0	–



Таблиця А.4

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* (тис. КУО/г ґрунту) у ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	5,7	4,6	4,4	4,9
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	8,1	6,7	6,5	7,1
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаМ К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	8,8	7,0	7,0	7,6
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штаМ К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	9,9	7,7	7,9	8,5
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуєчих рослин)	7,9	6,5	5,7	6,7
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	11,9	9,7	8,7	10,1
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	12,9	11,1	9,9	11,3
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	14,9	11,6	11,2	12,6
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,5	0,4	0,3	–

Таблиця А.5

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* (тис. КУО/г ґрунту) у ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	7,1	5,9	5,5	6,2
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	10,2	8,8	8,7	9,2
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	10,9	9,3	9,3	9,8
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штамп К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	12,6	10,2	10,6	11,1
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	9,4	8,7	7,6	8,6
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	14,9	12,5	11,1	12,8
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	16,0	13,8	12,0	13,9
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	18,1	14,9	14,3	15,8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,6	0,5	0,4	–

Таблиця А.6

**Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* (тис. КУО/г ґрунту) у ризосфері сочевиці за використання МБП і РРР (фаза утворення бобів)**

Варіант дослідю	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	6,4	5,3	4,7	5,5
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	9,6	7,9	7,5	8,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	10,1	8,3	7,7	8,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	11,1	9,3	9,6	10
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	8,2	7,6	6,4	7,4
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	13,4	11,4	9,8	11,5
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	14,7	12,0	10,3	12,3
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	16,2	13,1	12,5	13,9
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,6	0,3	0,4	–

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Чисельність різних груп ризосферної мікробіоти сочевиці ( $10^3$  КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	Бактерії			Мікроміцети			Актиноміцети		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	619	754	760	179	198	241	132	139	173
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	898	1063	1135	216	233	295	165	174	222
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	917	1095	1114	218	235	282	169	184	223
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	998	1115	1073	258	286	368	184	203	261
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	766	873	833	190	213	269	201	219	264
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	952	1100	1122	233	266	332	167	188	233
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	928	1108	1129	230	251	320	177	189	243
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1028	1151	1172	276	302	385	190	207	272
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	31	40	52	12	16	13	8	10	11

Таблиця Б.2

**Чисельність різних груп ризосферної мікробіоти сочевиці ( $10^3$  КУО/г ґрунту) за використання МБП і  
PPP (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	Бактерії			Мікроміцети			Актиноміцети		
	2014 р.	2018 р.	2019р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	852	891	1098	224	246	292	203	226	249
PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	1259	1343	1595	263	311	344	212	224	302
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	1163	1389	1551	261	305	376	231	239	301
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + PPP Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1237	1337	1740	329	373	420	246	264	317
PPP Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	939	1162	1253	247	274	322	210	227	286
Фон І + PPP Регоплант (50мл/га)	1200	1471	1613	290	347	386	229	242	300
Фон ІІ + PPP Регоплант(50 мл/га)	1283	1340	1655	286	332	378	231	244	314
Фон ІІІ + PPP Регоплант (50 мл/га)	1309	1505	1719	343	381	473	260	280	336
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>21</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>11</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>6</i>	<i>13</i>

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1

**Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці ( $10^3$  КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	98,92	101,09	126,09	129,24	134,98	166,58
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	127,72	139,20	163,58	159,10	171,76	211,54
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	137,50	145,06	170,74	174,97	184,80	230,03
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	135,54	148,14	189,12	178,11	186,21	242,88
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	121,67	125,68	153,75	151,88	162,47	215,45
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	140,85	153,81	191,04	184,36	199,03	245,11
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	148,46	161,95	195,69	191,35	211,38	264,77
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	158,69	165,82	210,39	199,95	218,55	279
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	7,5	8,1	9,9	8,9	9,4	12,6

Таблиця В.2

**Чисельність нітрифікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці  
(10<sup>3</sup> КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	16,24	17,57	23,49	28,44	30,34	36,02
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	17,68	19,34	25,38	30,97	33,06	40,37
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	20,32	22,71	28,67	32,30	35,23	42,57
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	21,66	23,41	29,63	32,45	36,18	43,27
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	16,97	18,99	24,64	29,32	31,68	40,1
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	19,64	22,41	27,25	34,22	36,47	42,11
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	20,38	22,99	27,73	33,76	37,64	45
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	22,27	24,89	31,44	40,63	44,83	54,64
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,1	3,0	5,4	1,6	2,6	3,2

Таблиця В.3

**Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці ( $10^3$  КУО/г ґрунту) за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	825,66	880,70	1045,84	1115,30	1188,83	1372,67
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	919,92	980,57	1132,21	1253,68	1321,82	1512,6
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	990,84	1044,69	1195,47	1279,53	1336,40	1649,17
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	1012,65	1068,29	1257,46	1395,19	1440,19	1665,22
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	881,18	919,49	1072,73	1146,51	1210,21	1464,98
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	1004,28	1071,98	1308,94	1425,97	1487,30	1686,63
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	1029,55	1098,96	1341,89	1406,34	1515,72	1765,74
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	1096,10	1168,37	1349,03	1627,81	1735,14	2003,45
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	53,5	61,7	96,2	65,2	109,5	130,3



## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

Активність каталази (мл 0,1 н. перманганату калію/г ґрунту) в посівах сочевиці за внесення МБП і РРР

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	0,48	0,54	0,75	1,18	1,38	1,52
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	0,57	0,63	0,9	1,46	1,71	1,81
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	0,64	0,70	0,91	1,58	1,81	1,95
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	0,66	0,73	0,95	2,24	2,52	3,04
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	0,50	0,57	0,76	1,28	1,50	1,75
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	0,65	0,68	0,95	1,60	1,90	2,14
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	0,62	0,70	0,93	1,64	1,80	2,14
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	0,69	0,76	1,07	2,01	2,08	2,54
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	0,03	0,03	0,05	0,08	0,09	0,11

Таблиця Г.2

**Активність інвертази (мг глюкози/100 г ґрунту) в посівах сочевиці  
за внесення МБП і РРР**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	19,10	21,41	24,62	27,11	29,55	34,72
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	22,79	25,07	28,97	32,06	34,55	40,25
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	22,88	25,92	29,2	30,91	34,04	39,24
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	23,59	26,04	31,73	34,83	36,35	42,4
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	20,36	22,52	26,54	29,57	31,18	35,67
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	22,33	26,88	28,67	32,41	34,57	41,05
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	23,26	25,09	30,07	32,15	34,27	39,57
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	24,78	26,63	33,07	35,74	38,09	43,98
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<i>1,12</i>	<i>1,11</i>	<i>1,48</i>	<i>1,59</i>	<i>1,70</i>	<i>1,96</i>

Таблиця Г.3

**Активність протеази (мг амінного азоту/100 г ґрунту) в посівах  
сочевиці за внесення МБП і РРР**

Варіант досліджу	Фаза бутонізації			Фаза цвітіння		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	0,21	0,22	0,29	0,30	0,33	0,39
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	0,28	0,30	0,38	0,40	0,45	0,53
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	0,33	0,35	0,43	0,46	0,49	0,64
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	0,31	0,34	0,46	0,48	0,51	0,63
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	0,22	0,25	0,34	0,33	0,34	0,44
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	0,29	0,31	0,42	0,43	0,47	0,57
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	0,27	0,31	0,41	0,42	0,44	0,57
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	0,36	0,40	0,53	0,51	0,55	0,71
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,04

## ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1

**Висота (фаза бутонізації, см) рослин сочевиці за використання  
МБП і РРР**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	31,7	24,3	21,4
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	34,5	25,6	24,2
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	33,4	27,2	24,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	36,5	27,2	23,9
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	32,4	25,9	22,7
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	34,9	25,7	24,0
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	37,4	27,3	23,5
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	35,7	28,0	24,8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,5	1,4	1,1

Таблиця Д.2

**Висота (фаза цвітіння, см) рослин сочевиці за використання  
МБП і РРР Регоплант**

Варіант досліду	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	34,4	31,6	30,3
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	36,8	34,7	32,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	37,7	35,0	34,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	38,0	34,6	35,1
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	35,5	33,2	33,9
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	36,9	35,6	33,7
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	38,2	35,9	34,2
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	39,1	36,0	34,4
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,2	1,3	0,9

Таблиця Д.3

**Висота (фаза утворення бобів, см) рослин сочевиці за використання  
МБП і РРР**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	35,9	32,4	31,6
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	39,7	36,9	34,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	40,0	37,1	35,8
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	40,2	37,5	36,9
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	36,3	34,7	35,2
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	40,1	37,6	36,0
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	40,6	37,8	37,1
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	41,1	38,9	39,1
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>1,0</i>	<i>1,4</i>	<i>1,4</i>

## ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1

**Формування площі листкового апарату (тис. м<sup>2</sup>/га) рослин сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	28,1	22,7	21,8
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	34,8	27,7	26,0
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	32,5	27,8	26,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	35,9	28,9	27,3
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	28,8	23,9	22,9
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	36,0	28,7	26,8
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	35,7	30,0	28,2
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	37,6	31,4	29,1
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<i>1,4</i>	<i>1,1</i>	<i>1,3</i>

Таблиця Ж.2

**Формування площі листкового апарату (тис. м<sup>2</sup>/га) рослин сочевиці за використання МБП і РРР (фаза цвітіння)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	35,9	30,6	28,0
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	44,3	34,7	31,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	43,5	36,0	33,0
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	43,8	36,7	32,9
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	40,1	33,9	30,7
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	44,8	36,1	33,1
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	45	36,7	32,9
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	45,2	37,7	33,8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<i>1,3</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>



Таблиця Ж.3

**Формування площі листкового апарату (тис. м<sup>2</sup>/га) рослин сочевиці за використання МБП і РРР (фаза утворення бобів)**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	34,0	28,1	25,8
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I	34,3	28,6	27,4
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II	34,8	28,8	27,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III	36	29,3	27,1
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	36,3	29,7	28,8
Фон I + РРР Регоплант (50мл/га)	38,0	30,6	28,0
Фон II + РРР Регоплант(50 мл/га)	41,7	31,9	30,5
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	40,9	34,5	32,3
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	1,6	1,8	1,4

## ДОДАТОК К

Таблиця К.1

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів (г/м<sup>2</sup> за добу) сочевиці за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	Міжфазний період росту й розвитку рослин «бутонізація–цвітіння»		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	2,24	1,81	1,68
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	2,37	1,95	1,71
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	2,33	1,95	1,81
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	2,44	1,86	1,82
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	2,31	1,89	1,77
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	2,54	1,98	1,90
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	2,49	2,00	1,90
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	2,58	2,02	1,91
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,10	0,09	0,12

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів (г/м<sup>2</sup> за добу) сочевиці за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	Міжфазний період росту й розвитку рослин «цвітіння–утворення бобів»		
	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	3,20	2,47	2,31
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	3,50	2,61	2,50
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	3,45	2,74	2,45
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	3,54	2,74	2,57
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	3,44	2,59	2,43
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	3,51	2,76	2,56
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	3,61	2,85	2,60
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	3,61	2,94	2,72
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,15	0,14	0,11

## ДОДАТОК Л

Таблиця Л.1

## Маса 1000 насінин (г) сочевиці за використання МБП і РРР

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	55,5	51,9	49,8
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	58,4	52,4	51,2
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	57,6	53,2	52,1
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	58,9	54,1	50,8
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	56,9	52,6	51,6
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	60,2	53,2	51,0
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	60,3	53,5	51,2
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	61,3	54,0	51,8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,6	1,2	1,0

Таблиця Л.2

**Натура (г/л) зерна сочевиці за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	848,2	769,7	738,3
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	857,0	769,7	753,8
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	860,8	781,2	749,3
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	858,4	786,3	762,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	864,1	768,9	745,1
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	880,4	787,2	760,9
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	879,3	789,8	773,5
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	881,9	793,3	774,6
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,9	2,2	2,6

Таблиця Л.3

**Вміст білка (%) зерна сочевиці за використання МБП і РРР**

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.
Без застосування препаратів (контроль)	18,70	17,10	16,42
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	18,91	17,24	16,59
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	18,92	17,31	16,62
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	18,94	17,32	16,63
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	18,88	17,28	16,59
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	18,94	17,32	16,63
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	18,95	17,33	16,63
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	18,98	17,35	16,66
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,10	0,08	0,05

## ДОДАТОК М 1

«Затверджую»  
 Голова ФГ "Оксамитове."  
 Букатинський П. І.  
 О.О.  
 " 24 " 10 20 19 р.

«Затверджую»  
 Ректор Уманського НУС  
 Непочатенко О.О.  
 " 25 " 10 20 19 р.

## Акт

впровадження науково - дослідної роботи у виробництво

" 23 " 10 20 19 р.

Аспірант кафедри біології Уманського НУС Новікова Т. П. і голова ФГ "Оксамитове" Букатинський П. І. (с. Пеніжкове, Христинівського району, Черкаської області) склали даний акт про те, що в ФГ "Оксамитове" виконувалось впровадження науково-обґрунтованої технології вирощування сочевиці з елементами біологізації за результатами проведених досліджень.

**Вид впровадження** – площа сочевиці 6,2 га.

**Економічний ефект** – за передпосівної обробки насіння сочевиці перед посівом мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) та наступним посходовим внесенням останнього (50 мл/га) приривок врожаю сочевиці склала 0,35 ц/га, додатковий прибуток з 1 га – 3856 грн.

**Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення продуктивності посівів сочевиці, покращення якості зерна за відсутності пестицидного навантаження на рослини і навколишнє середовище за рахунок комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин.

Аспірант кафедри біології



Т. П. Новікова

## ДОДАТОК М 2

«Затверджую»  
Голова ФГ "Мазур" \_\_\_\_\_ Мазур І. В. \_\_\_\_\_ 20 19 р.

«Затверджую»  
Ректор Уманського НУС \_\_\_\_\_ Непочатенко О.О. \_\_\_\_\_ 11 2019 р.

АКТ

впровадження науково - дослідної роботи у виробництво  
" 12 " 11 2019 р.

Аспірант кафедри біології Уманського НУС Новікова Т. П. і голова ФГ "Мазур" Мазур І. В. (с. Угловата, Христинівського району, Черкаської області) склали даний акт про те, що в ФГ "Мазур" виконувалось впровадження науково-обґрунтованої технології вирощування сочевиці з елементами біологізації за результатами проведених досліджень.

**Вид впровадження** – площа сочевиці 4,3 га.

**Економічний ефект** – за передпосівної обробки насіння сочевиці перед посівом мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* (1,0 л/т) з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) та наступним посходовим внесенням останнього (50 мл/га) прибавка врожаю сочевиці склала 0,33 ц/га, додатковий прибуток з 1 га – 2871 грн.

**Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення продуктивності посівів сочевиці, покращення якості зерна за відсутності пестицидного навантаження на рослини і навколишнє середовище за рахунок комплексного використання мікробного препарату і регулятора росту рослин.

Аспірант кафедри біології



Т. П. Новікова



## ДОДАТОК М 3



## ДОДАТОК Н

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 56–62.
2. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. №2. С. 39–44.
3. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 7 (80). С. 41–47.
4. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Agrology. Дніпро. 2019. № 2 (3). С. 146–150.
5. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34.

*Патент на корисну модель*

6. Новікова Т. П., Карпенко В. П., Коць С. Я., Воробей Н. А., Калініченко А. В., Петриченко В. Ф., Гнатюк Т. Т., Житкевич Н. В., Патица В. П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* ІМВ В-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019; Опубл. 10.06.2020. Бюл. № 11. 3 с.

*Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

7. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф.,

присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаціонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21 квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. С. 98–100.

8. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.

9. Новікова Т. П. Мікробіологічна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 39–40.

10. Новікова Т. П., Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

11. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.

12. Карпенко В. П., Новікова Т. П. Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.